Edson Luís Piroli

Água e bacias hidrográficas

Planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas

Água e bacias hidrográficas

EDSON LUÍS PIROLI

ÁGUA E BACIAS HIDROGRÁFICAS

PLANEJAMENTO, GESTÃO E MANEJO PARA ENFRENTAMENTO DAS CRISES HÍDRICAS

Direitos de publicação reservados à:
Fundação Editora da Unesp (FEU)
Praça da Sé, 108
01001-900 – São Paulo – SP
Tel.: (0xx11) 3242-7171
Fax: (0xx11) 3242-7172
www.editoraunesp.com.br
www.livrariaunesp.com.br
atendimento.editora@unesp.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
de acordo com ISBD
Elaborado por Vagner Rodolfo da Silva – CRB-8/9410

P641a Piroli, Edson Luís

Água e bacias hidrográficas : planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas / Edson Luís Piroli. – São Paulo : Editora Unesp Digital, 2022.

Inclui bibliografia.
ISBN: 978-65-5714-298-1 (eBook)

1. Bacias hidrográficas. 2. Água. 3. Crises hídricas. I. Título.

CDD 551.48
2022-2001 CDU 556.51

Índice para catálogo sistemático:

1. Bacias hidrográficas 551.48
2. Bacias hidrográficas 556.51

Este livro é publicado pelo Programa de Publicações Digitais da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)

Editora afiliada:

Asociación de Editoriales Universitarias de América Latina y el Caribe

Associação Brasileira de Editoras Universitárias

"Lá na fonte ao pé da serra, é o seio do sertão
A água leite da terra alimenta a plantação"

"Terra tombada",
José Fortuna e Carlos Cezar

Aos meus pais Ida e Domingos,
Aos meus irmãos Sílvia e Marcos,
Aos meus filhos, Victória, Valkíria e Vinícius,
À minha esposa Marisa,

pelo estímulo,
pelo apoio,
pelo amor.

Sumário

Apresentação 11
Introdução 17

1 Água 23
2 Bacias hidrográficas: definições e representação 43
3 Caracterização de bacias hidrográficas 63
4 Aptidão de bacias hidrográficas 71
5 Planejamento de bacias hidrográficas 77
6 Gestão de bacias hidrográficas 83
7 Manejo integrado de bacias hidrográficas 87
8 Recomendações 125

Considerações finais 129
Glossário 133
Referências 139

Apresentação

A água é vital para todas as formas de vida. Em seus diferentes estados, cria ambientes *sui generis* em todo o planeta e permite que espécies animais e vegetais se adaptem e sobrevivam em cada um deles. Esses ambientes muitas vezes se tornam característicos de regiões e até de países, como o Pantanal brasileiro; os Everglades estadunidenses; o Chaco boliviano e paraguaio; os Esteros na Argentina e no Paraguai; a Ciénaga de Zapata em Cuba; o Delta do Okavango em Botswana; e as fozes de muitos outros rios ao redor do mundo. Também se podem citar os biomas em que a água se encontra na forma de gelo, como aqueles localizados ao Norte e ao Sul do Planeta, próximos ou dentro dos círculos polares Ártico e Antártico e no alto de algumas das grandes cadeias de montanhas da Terra, como Himalaia, Andes, Alpes, Urais, e de alguns montes, como o Kilimanjaro, na África.

Essa água, somada à dos oceanos (salgada), participa do ciclo hidrológico, movimentando-se de uma região para outra, sobretudo nos estados líquido e gasoso (no estado sólido também ocorre o movimento, no entanto, em menor escala). Parte da água, entretanto, fica retida na

constituição de organismos animais e vegetais, na estrutura do solo, nos aquíferos confinados, nas neves eternas e em reservatórios construídos para seu armazenamento. Na escala humana, a água é armazenada superficialmente sobretudo para ser usada na geração de energia, em projetos de irrigação, na indústria e para atendimento doméstico e em outras atividades econômicas e produtivas.

Sobre os continentes, a água em estado líquido normalmente está integrada a uma bacia hidrográfica. Isso ocorre porque, ao precipitar sobre um determinado local, ela pode se infiltrar no solo, ficar retida em alguma estrutura ou escoar superficial e/ou subsuperficialmente. Ao escoar, é levada para pontos mais baixos do relevo e se soma a outras águas, formando torrentes, enxurradas ou pequenos córregos que, por sua vez, tendem a se encontrar e formar rios maiores. Aquela que se infiltrou tende a se concentrar na subsuperfície do solo ou a se armazenar em aquíferos, que podem ser rasos ou profundos. A partir desses reservatórios subterrâneos (especialmente dos rasos), na maioria das vezes, a água volta para a superfície por meio das nascentes, originando córregos, riachos e rios. Em alguns casos, parte dela fica retida nos aquíferos confinados ou se torna integrante do solo e de outras estruturas subterrâneas.

Os corpos de água, formados pelo conjunto de suas nascentes e pelas águas a eles direcionadas por meio do escoamento superficial, ao se juntarem, determinam a formação das bacias hidrográficas. No caso do Brasil, essas ocupam praticamente 100% do território nacional. Ou seja, quase todo e qualquer espaço do país faz parte de alguma bacia hidrográfica.

Nesse contexto, todas as pessoas que vivem no país usam água que vem de uma bacia ou que é coletada em poços profundos, localizados no subsolo de uma bacia hidrográfica. Após usarem a água, direcionam seus efluentes,

tratados ou não, para uma bacia, que pode ser a mesma ou alguma outra, normalmente vizinha (cidades litorâneas muitas vezes direcionam seus efluentes para o oceano). Por isso, o manejo adequado das bacias hidrográficas e das águas é o principal requisito para o gerenciamento eficaz do patrimônio ambiental e dos recursos naturais, e deve ser o primeiro aspecto a ser considerado no planejamento e na gestão ambiental.

Quando as características das águas e das bacias são desconhecidas ou desconsideradas, surgem as crises hídricas, os prejuízos financeiros e ambientais e algumas tragédias. Episódios como enxurradas, inundações, deslizamentos, erosões, assoreamentos e escassez em proporções maiores do que as naturalmente esperadas são geralmente consequências da falta de visão estratégica, de planejamento adequado da ocupação do espaço e da capacidade de convivência com a natureza e seus ciclos, no território das bacias hidrográficas.

Essa afirmação é feita baseada na observação de inúmeras catástrofes ambientais, sobretudo aquelas relacionadas à água. Das constantes inundações que sistematicamente ocorrem nas épocas de chuva em áreas urbanas de praticamente todas as regiões do Brasil e do mundo, dos processos erosivos severos, dos assoreamentos de grande número de rios e córregos à baixa capacidade de retenção de água dos solos (o que faz que pequenos períodos sem chuva causem importantes prejuízos econômicos na agricultura e na pecuária), a falta de manejo integral e integrado dos recursos naturais salta aos olhos e torna-se evidente.

Evidente, sobretudo, a partir do momento em que a sociedade tomou conhecimento, há alguns anos, via imprensa e via observações no seu cotidiano, de que havia uma crise hídrica no país, com importantes consequências especialmente nos estados da região Sudeste, predominantemente em São Paulo. As notícias passadas à população

deram conta de que a falta de chuvas foi a responsável pela falta de água. Esse, sem dúvida, foi um dos motivos, mas não o único, nem o principal.

Deve-se esclarecer que as "crises hídricas" ocorridas em meados da década de 2010 e no início da década de 2020 são, em primeiro lugar, consequência da ocupação não planejada e da falta de manejo adequado de praticamente toda superfície das bacias hidrográficas das regiões em questão. Em segundo lugar, considera-se que elas foram crises de gestão, uma vez que, ao não se gerir adequadamente o ambiente onde vivemos e ao ocupá-lo indistintamente sem considerar sua capacidade de uso e sem levar em conta sua capacidade de resiliência, se modificaram os ciclos naturais, afetando-se o equilíbrio deles, em especial o ciclo da água.

Para que essas situações sejam minimizadas ou evitadas, o ambiente deve ser visto e gerido de maneira integral. Nesse contexto, as bacias hidrográficas são consideradas a unidade básica mais indicada para o manejo dos recursos naturais, porque foram moldadas pela natureza ao longo de toda sua história evolutiva. Esse trabalho de gerenciamento deve partir sempre das microbacias (as menores bacias), uma vez que um conjunto delas forma as bacias maiores (que podem ser denominadas sub-bacias), e o conjunto delas forma as bacias hidrográficas, que, no Brasil, chegam a abranger vários estados e até a ultrapassar nossas fronteiras.

Ao se planejar e manejar o ambiente por microbacia é possível alcançar condições adequadas em pequenas áreas da superfície terrestre. Se essa atividade for estendida para todas as microbacias de uma determinada sub-bacia, e posteriormente para toda uma grande bacia, o ambiente estará manejado integralmente, com melhor qualidade ambiental e, consequentemente, melhor qualidade de vida para os seres humanos, com garantia de abastecimento

de água. E não somente para nossa espécie, mas também para todas as demais que também necessitam de ecossistemas equilibrados para viverem.

O presente livro tem como objetivo contribuir para a formação de embasamento teórico, metodológico e prático sobre o planejamento do uso de recursos naturais em bacias hidrográficas, apontando opções de manejo e de gestão desses recursos no Brasil. Outro objetivo é o de integrar essas informações a diferentes ciências relacionadas ao tema, buscando elucidar aspectos conceituais e esclarecer situações nas quais é mais recomendável utilizar as microbacias, as sub-bacias ou as bacias hidrográficas como espaço geográfico para atividades de planejamento e de gestão das águas e dos recursos hídricos.

Busca-se com esta obra contribuir para o esclarecimento de dúvidas relativas ao assunto, sobretudo de estudantes de graduação e pós-graduação, de técnicos atuantes no setor, de pessoas ligadas às questões hídricas e ambientais e dos demais interessados. Para isso, buscou-se trabalhar os temas com profundidade, sem torná-los excessivamente técnicos, mas também sem deixar questões fundamentais a responder.

Introdução

Frequentemente é possível acompanhar nos noticiários os impactos das chuvas nas mais diversas regiões do mundo. No Brasil, essa situação não é diferente, com destaque para o período compreendido entre os meses de dezembro e março nas regiões Sudeste e Sul, e para o período entre os meses de maio e julho em alguns estados do Sul e do Nordeste. Frisa-se que essas são as áreas mais densamente povoadas do país.

Os episódios noticiados frequentemente descrevem deslizamentos e desmoronamentos em encostas e topos de morros, enxurradas em vertentes e ruas de cidades e inundações em regiões mais baixas do relevo e vales dos rios. Essas ocorrências têm causado grandes prejuízos financeiros e impactos negativos, além de ferir e matar pessoas que, se conhecessem e tivessem observado as condições ambientais dos locais onde moram ou transitam em períodos de chuvas intensas, poderiam ter tido outra sorte.

Essa situação indica séria deficiência no planejamento, na gestão e no manejo ambiental, uma vez que áreas potencialmente perigosas não deveriam ser usadas para habitação ou implantação de qualquer infraestrutura. Tais

deficiências podem ser observadas no dia a dia de ocupações irregulares em áreas de risco pelo país que, posteriormente, por mais variados interesses, são regularizadas, desconsiderando-se as fragilidades de segurança a que a população é submetida.

Em casos em que houver a necessidade de ocupar espaços de risco, deve haver forte investimento em sistemas de proteção, prevenção e alerta para minimizar os riscos e salvaguardar vidas e patrimônios.

Aspectos técnicos para evitar ou adequar áreas já são relativamente bem conhecidos nos meios técnico e científico. O que falta então para que se reconheça as causas dessas catástrofes e para que sejam tomadas providências que evitem esses episódios?

Em primeiro lugar, é necessário analisar a questão sob a óptica da ocupação histórica do território brasileiro. Inicialmente as cidades foram construídas próximas ao litoral, normalmente nos vales ou nos planaltos, nas regiões mais planas. A presença de nascentes e a proximidade de corpos de água também eram aspectos observados para a construção das moradias. Com o passar do tempo, as cidades cresceram e, com a falta de planejamento dessa expansão urbana, encostas dos morros e áreas de várzea, nas margens de rios, foram ocupadas especialmente pela parcela da população com menor poder aquisitivo, que não podia adquirir áreas nas regiões mais nobres.

Esse processo se repetiu também nas cidades interioranas, que foram implantadas posteriormente. Hoje, com a urbanização das cidades, as populações ocupam vastas extensões de vales de rios e morros (onde esses existem), locais em que a especulação imobiliária tende a ser menor, o que barateia o preço das terras e facilita a aquisição do espaço\ou sua ocupação de maneira irregular.

O crescimento das áreas urbanas ampliou a impermeabilização do solo, dificultando a infiltração da água das

chuvas e aumentando o escoamento superficial. As águas concentradas sobre asfalto e concreto adquirem velocidade e poder destrutivo ao longo do percurso. Ao chegarem a fundos de vale e áreas planas, se concentram e causam as inundações.

A ocupação de locais inadequados potencializa os riscos ocasionados por chuvas intensas, uma vez que, em áreas de várzea, a probabilidade de inundações é muito grande e, em áreas de altos declives, há perigo de deslizamento de encostas e surgimento de erosões e voçorocas. Além disso, os solos das regiões mais declivosas geralmente são menos profundos, fato que, associado à retirada da cobertura nativa, à implantação de estruturas mal dimensionadas e à concentração de águas pluviais em determinados pontos, diminui sua capacidade de resistência à erosão e à movimentação de massa.

Aliada a esses aspectos, encontra-se a falta de planejamento da ocupação do espaço e a impermeabilização de grandes áreas de solo, seja com asfalto, seja com calçamento ou construções, principalmente nas áreas urbanas. Essa impermeabilização, ao impossibilitar a infiltração da água das chuvas, faz que ela escorra pela superfície em grandes volumes. Esse processo concentra a água nos canais naturais de escoamento, que muitas vezes foram modificados ou até obstruídos, potencializando os problemas.

Nas áreas rurais, o escoamento superficial é prejudicado pela falta da observação das características ambientais, especialmente do solo e do seu uso e da sua cobertura. Quando manejado inadequadamente, o solo sofre intensos processos de degradação, como compactação, impermeabilização, erosão e desestruturação física, com consequente perda de nutrientes e matéria orgânica, o que compromete a produção e empobrece agricultores e pecuaristas. Consequentemente, esse processo empobrece toda a sociedade, pois o custo para a produção de

alimentos e matérias-primas aumenta e encarece o custo de vida.

Além disso, os processos de compactação e impermeabilização contribuem para o aumento do deflúvio, causando erosões e o assoreamento de rios, córregos e nascentes localizados nas planícies. Podem causar também o assoreamento de açudes, represas e reservatórios de geradoras de energia elétrica, diminuindo seu potencial ou, em casos extremos, inviabilizando seu uso e a produção de energia.

Nessas condições, uma chuva que historicamente poderia ser considerada normal para determinada região provoca profundas alterações na cobertura do solo em áreas cada vez maiores, com grandes transtornos para a população, tanto das áreas urbanas quanto das áreas rurais. Devemos considerar nesta análise que o clima tropical na maior parte do território brasileiro apresenta ocorrência natural de chuvas intensas, com grandes precipitações de períodos curtos em determinadas épocas do ano.

Da mesma forma, as águas que escoam concentradas na superfície, ao não se infiltrarem no solo, não são armazenadas e não ficam disponíveis para as plantas em períodos de chuvas reduzidas. Por não terem se infiltrado no solo, também não farão parte do lençol freático, que será rebaixado, e deixarão de estar disponíveis nas nascentes nas estiagens prolongadas.

Nesse contexto, a solução para os problemas relacionados e causados pela água passa necessariamente pelo planejamento da ocupação e pelos manejo e gestão adequados e integrados das bacias hidrográficas, tanto nas áreas urbanas, quanto nas rurais.

Destaque-se que o planejamento do uso, o manejo e a gestão de bacias devem considerar como prioridade a proteção da sociedade e dos recursos naturais contra os efeitos nocivos dos grandes volumes de água acumulados na superfície durante e após períodos de chuvas intensas.

Devem também considerar a necessidade de infiltração e de armazenamento da água no solo para que esteja disponível para plantações, ecossistemas e ciclo hidrológico. Dessa forma, as águas e a natureza estarão protegidas pela sociedade e retribuirão com constância no fornecimento desse recurso natural que é fundamental para a humanidade e para suas mais diversas atividades sociais e econômicas.

Este livro pretende trazer contribuições que possam auxiliar na solução dos problemas decorrentes da falta de planejamento, gestão e manejo de bacias hidrográficas e dos impactos sobre a população humana e os recursos naturais. Os capítulos a seguir buscam esclarecer a importância e a participação de cada componente físico, biológico e antrópico, e de suas relações e interações ocorrentes no espaço das bacias hidrográficas.

1
Água

Principal elemento natural que molda e dá forma às bacias hidrográficas, a água também é um recurso natural (recurso porque gera economia) e, como todos os demais elementos naturais, é essencial para a vida na Terra. É componente dos seres vivos, meio de vida para espécies vegetais e animais e, sob a óptica humana, meio para a expressão de valores sociais e culturais, além de ser fonte de bens de consumo intermediários e finais. Também participa da maioria dos processos industriais de produção em larga escala – de todos, se considerarmos sua participação indireta.

O organismo humano é composto por cerca de 70% de água, e os órgãos mais ricos como coração, cérebro e o sangue chegam a ter em torno de 80%. A água tem papel fundamental no metabolismo humano, na regulação térmica, no transporte de matérias orgânicas e na renovação de tecidos e líquidos.

Estudos indicam que uma pessoa pode resistir sem alimentos por períodos de até um mês, mas não sobrevive sem beber água por mais de três dias. Esse aspecto se deve ao papel fundamental que a água exerce em nosso

metabolismo, comprometendo definitivamente, com sua ausência, órgãos essenciais para a sobrevivência de nosso organismo, tais como cérebro, coração e rins.

A água é fundamental para a execução da maioria das atividades humanas. Mesmo indiretamente, tem participação em alguma fase da produção de praticamente todos os produtos hoje disponíveis. É fundamental desde as mais simples atividades domésticas, como banho, lavagem de louça e de roupas, até as mais complexas, como a siderurgia e a fabricação de automóveis e componentes eletrônicos.

A água é base para o desenvolvimento de diversas atividades econômicas, desde a produção agrícola – ela pode representar até 90% da composição física das plantas e sua falta em períodos de crescimento dos vegetais pode destruir lavouras e até ecossistemas, com impactos socioeconômicos negativos – até a produção industrial – cujos produtos demandam quantidades de água muitas vezes superior ao seu volume produzido.

Mesmo cientes dessa grande importância e desse grande uso, quando analisamos a situação do Brasil, temos a impressão de que não nos falta água, uma vez que algumas das maiores bacias hidrográficas do mundo estão em nosso território. No entanto, uma análise mais detalhada nos apresenta a fragilidade em que vivemos, pois, além das vastas extensões de terra, cuja população enfrenta dificuldade de acesso à água, ainda temos grandes cidades que, por falta de acesso à água superficial de qualidade, retiram água de aquíferos, a custos altos de obtenção, com grandes riscos de contaminação e com alta probabilidade de impactos na disponibilidade futura dessas águas.

Outra questão a ser analisada é que os maiores volumes de água em território brasileiro estão localizados nas áreas onde a população usuária é menor. A maioria dos habitantes do país reside nas regiões litorâneas e nas regiões hidrográficas dos rios São Francisco e Paraná (nesse,

especialmente nos afluentes da margem esquerda), que há alguns anos dão sinais de esgotamento por superutilização de suas águas e pela intensa ocupação da área de suas bacias. A situação tem se tornado tão grave a ponto de surgirem, cada vez com maior intensidade, conflitos pelo uso da água em ambas as bacias.

Em nível global, estudos têm mostrado situação parecida com a brasileira, pois existem várias regiões com muita água disponível, mas inacessíveis à maior parte da população humana.

Outro aspecto a ser considerado é que em muitos locais, a água disponível sofre intensa poluição, tornando-a inutilizável para consumo e atividades produtivas. Essa situação leva ao aumento da ocorrência de doenças transmitidas pela água, elevando os custos da saúde e os índices de *causa mortis*, especialmente de crianças e idosos.

Para que essas situações sejam revertidas são necessárias intervenções de caráter político, econômico, social, gerencial e ambiental. E para que essas intervenções sejam efetivas, deve-se consider os limites naturais e as características das bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas, além do ciclo da água em cada uma delas.

Na análise do ciclo da água é preciso levar em conta a variação tanto suas formas quanto seus volumes e sua localização na superfície da terra. A maior parte da água localizada na superfície terrestre ou próxima dela mantém-se em movimento contínuo, porém com velocidades bastante variadas. A esse movimento é dado o nome de ciclo da água (hidrológico).

Ciclo da água

Inicia-se com a interação da energia solar com as superfícies de oceanos e de reservatórios continentais, de

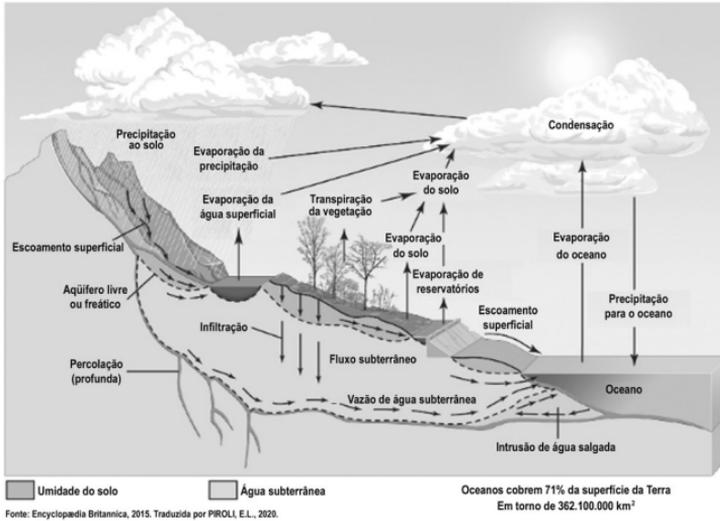
depósitos glaciares, de solos, de folhas, galhos e troncos e de corpos de organismos vegetais e animais, vivos ou mortos. A partir dessa interação, moléculas de água são evaporadas e elevadas na atmosfera dando início ao ciclo representado na Figura 1.1.

Na sequência, os vapores de água presentes na atmosfera condensam e muitas vezes são deslocados pelas correntes de ar para regiões onde diferenças de temperatura e de pressão criam as condições para a formação de chuvas. A água precipitada sobre a superfície terrestre pode se infiltrar no solo, escoar superficialmente ou ainda evaporar e voltar para a atmosfera. Em áreas cobertas por vegetação nativa arbórea, as taxas de infiltração tendem a ser elevadas até que o solo esteja saturado. Em áreas de produção agropecuária, há tendência de redução da infiltração com o aumento do escoamento superficial. Já em áreas densamente urbanizadas, o escoamento superficial tende a predominar sobre o processo de infiltração.

Observa-se na Figura 1.1 que parte da água precipitada chega novamente ao oceano por via superficial, sobretudo por meio dos rios, e que uma quantidade considerável volta à atmosfera a partir da evaporação, especialmente em corpos de água, e da transpiração das árvores e de outros seres vivos. Esses vapores podem originar nuvens que, em algumas condições, formam precipitações regionais.

O ciclo hidrológico é responsável pela reposição das águas no solo, nos aquíferos, nas nascentes e nos rios. Se ele é modificado de alguma forma, a quantidade de água disponível nesses locais também muda.

Ao ocupar áreas cada vez mais amplas, com atividades agropecuárias ou com construção de cidades, rodovias e toda a infraestrutura associada a elas, a humanidade tem impactado o ciclo da água. Quando essa ocupação é feita sem planejamento, gestão ambiental e manejo dos componentes da natureza, esse impacto é potencializado, com

Figura 1.1 – Ciclo da água

Fonte: *Encyclopaedia Britannica*, 2015 (traduzido pelo autor)

consequências negativas tanto para o ciclo quanto para os ecossistemas e para a própria humanidade, que, por seus atos e decisões, enfrenta no seu dia a dia enxurradas, inundações, erosões, assoreamentos de corpos de água e, especialmente, redução da água armazenada no solo, o que traz prejuízos para a agropecuária, para o abastecimento público e, ainda, para a geração de energia e outras atividades que dependem da água para seu desenvolvimento.

A substituição de florestas e outras formações nativas por usos antrópicos, sem considerar os limites de resiliência do ambiente, interfere no ciclo hidrológico, especialmente na diminuição da infiltração da água das chuvas. A primeira consequência nesses casos é o aumento do volume de água que escorre superficialmente durante e logo após as chuvas. Ao não se infiltrar no solo, essa água escoa para longe do lugar onde precipitou, desabastecendo o lençol freático e consequentemente reduzindo o volume de água disponível para brotar nas nascentes. Além disso, em áreas de produção agropecuária, a água não fica

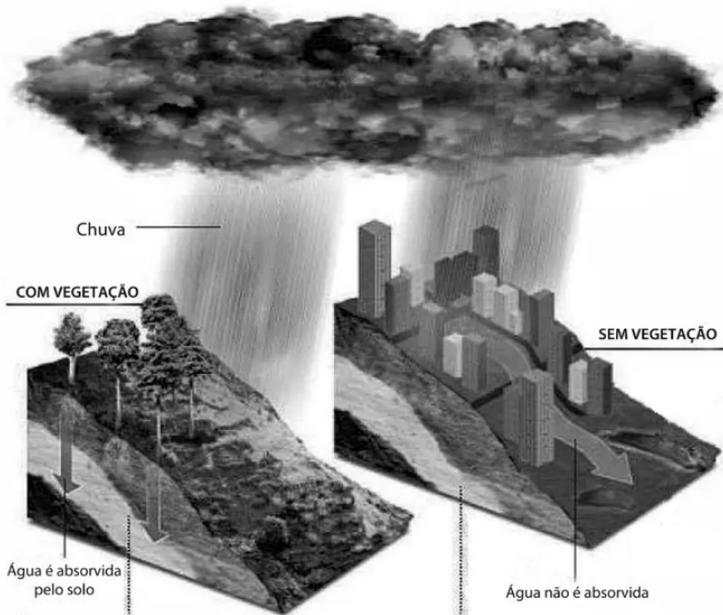
armazenada no solo para ser usada nas culturas agrícolas ou nas pastagens nos períodos entrechuvas, o que reduz a produção e impacta negativamente a economia local ou regional.

Em áreas urbanas a água que deixa de infiltrar, impedida por telhados, concreto e asfalto, além de não contribuir para a recarga dos aquíferos, escoa concentrada, em volumes consideráveis, que em alguns casos conseguem arrastar veículos e pessoas e destruir estruturas. Ao chegar aos pontos mais baixos do relevo, essa água que não infiltrou e não foi retida temporariamente ao longo do caminho causa inundações que afetam as vias públicas e também atividades as mais diversas, além de colocar em risco a saúde e a vida de pessoas e animais. A Figura 1.2 ilustra um exemplo de evento de inundação em área urbana.

Figura 1.2 – Inundação ocorrida em São Carlos (SP), em janeiro de 2020

Foto: reprodução

Na Figura 1.3 está sintetizado o conjunto dos processos descritos. Nela se verifica que em áreas naturais a tendência da água das chuvas é infiltrar, e em áreas urbanas, é escoar superficialmente.

Figura 1.3 – Comportamento da água das chuvas em área natural e em área urbana

Fonte: reprodução (modificada pelo autor)

Essa água concentrada na superfície tem potencial para causar, tanto em áreas rurais quanto em áreas urbanas, grandes processos de erosão e, na sequência, o assoreamento de corpos de água, comprometendo ecossistemas e o abastecimento de populações, como mostrado nas figuras 1.4 e 1.5. Na Figura 1.4 apresenta-se processo erosivo em um bairro do município de Avaré (SP), gerado pela concentração das águas pluviais em um único ponto, desconsiderando-se a técnica de manejo de águas superficiais de dissipar energia de águas concentradas, espalhando-as.

A Figura 1.5 mostra o assoreamento de reservatório localizado à jusante do processo erosivo. O reservatório era utilizado para captar e fornecer água à população, mas atualmente está inutilizado: os sedimentos acumulados no reservatório substituíram a água dele e causaram desequilíbrio ao ecossistema, levando à morte de muitas árvores e à extinção ou expulsão de praticamente todas as espécies animais que habitavam o ecossistema de banhado e lacustre local.

Figura 1.4 – Erosão originada pela concentração de água pluvial em um único ponto

Fonte: arquivo pessoal

Esse processo de assoreamento foi provocado pela água que não conseguiu se infiltrar no solo e se somar às águas subterrâneas, deixando assim de recarregar o lençol freático e de ser armazenada para voltar à superfície, via nascentes, em períodos sem chuvas.

Figura 1.5 – Assoreamento causado pelos sedimentos trazidos dos processos erosivos

Fonte: arquivo pessoal

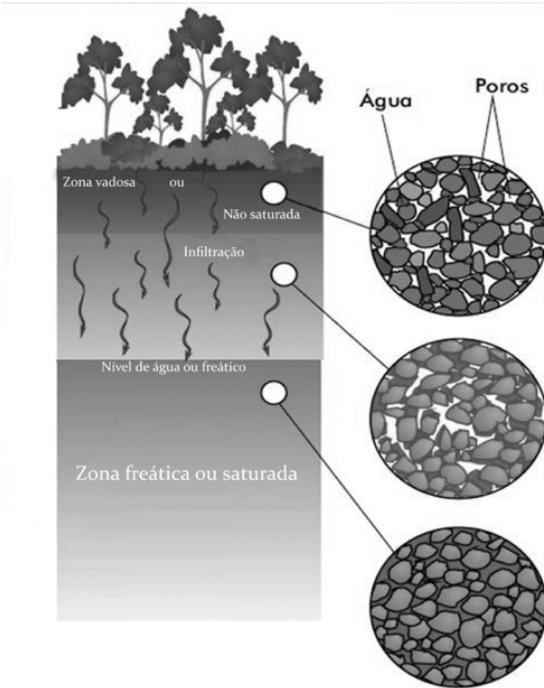
Águas subterrâneas

A água precipitada sobre o solo do continente infiltra e chega até os estratos mais profundos da terra. Nesses locais, é nos poros do solo e dos sedimentos e nas fraturas das rochas que se concentra a água dos aquíferos (tanto dos aquíferos livres quanto dos aquíferos confinados). Essa água, especialmente a do aquífero livre (também denominado lençol freático), pode voltar à superfície pelas áreas de descarga (nascentes, rios, lagos, áreas encharcadas) ou pelos oceanos. Nas regiões onde está armazenada a pouca profundidade, a água pode ser absorvida diretamente pelas raízes das plantas.

De acordo com Iritani e Ezaki (2008), ao se infiltrar no solo, a água passa pela zona não saturada, onde os poros são preenchidos parcialmente por água e por ar, e pela gravidade chega até as zonas saturadas. O limite entre as zonas não saturadas e saturadas é comumente chamado de lençol freático (Figura 1.6).

Esse processo, no entanto, sofre a influência direta do uso e da ocupação do solo da região onde a água precipita. Normalmente em ecossistemas inalterados, o ciclo funciona exatamente como o descrito, em equilíbrio alcançado ao longo de toda evolução do planeta.

Em ecossistemas alterados, entretanto, o processo de infiltração pode ser prejudicado ou mesmo impedido pela impermeabilização causada por compactação do solo ou por calçadas, construções e asfalto, comuns nas áreas urbanas. Isso compromete o ciclo da água.

Figura 1.6 – Distribuição da água no subsolo

Fonte: Karmann (2000) (modificada pelo autor)

Atualmente pesquisas têm demonstrado que o deslocamento da água subterrânea em grandes profundidades em alguns casos se assemelha ao trajeto desenvolvido pelos rios superficiais.

Águas superficiais

São aquelas águas que não infiltram no solo e que se acumulam na superfície. Elas estão presentes nos rios e reservatórios superficiais (lagos, lagoas, açudes e similares).

Rios

Os rios podem ser considerados as faces mais visíveis do ciclo hidrológico. É para eles que as águas oriundas das nascentes, dos degelos e dos escoamentos superficiais correm e onde se concentram. É nos rios que estão localizados atualmente, no Brasil e em vários países do mundo, grandes reservatórios para armazenamento de água e para geração de energia elétrica. Os rios também são importantes para o deslocamento de cargas em suas hidrovias, para a produção de peixes e outros produtos, para atividades de turismo, para o abastecimento de áreas urbanas e rurais, entre muitas outras atividades econômicas modernas.

Quando preservados, os rios também cumprem funções naturais e ecossistêmicas por serem corpos de água formados pela natureza ao longo do processo evolutivo do planeta. Essas funções ecossistêmicas estão intrinsicamente ligadas aos processos de autodepuração de suas águas, ao papel de hábitat para inúmeras espécies da macro e microfauna, ao fato de serem fonte de água para espécies animais silvestres e cruciais para espécies vegetais que só sobrevivem em suas margens, ao equilíbrio microclimático por toda extensão de seus leitos, e a outras inter-relações naturais das quais participam.

Um rio é um curso de água doce (em alguns casos, e em trechos de alguns rios, essa pode ser salobra ou salgada), que flui por gravidade para pontos mais baixos do relevo até alcançar outro rio, um oceano ou um lago natural ou

artificial. Há casos de rios que secam antes de alcançar outros corpos de água, com suas águas evaporando ou infiltrando completamente no solo. Na atualidade alguns rios secam antes de chegar à foz em razão da retirada excessiva de suas águas para irrigação, abastecimento industrial e antrópico e ainda da retenção em reservatórios para geração de energia.

No caso dos reservatórios, as grandes lâminas de água expostas diretamente ao sol evaporam em quantidades consideráveis, o que contribui para a perda de água do rio, comprometendo seu fluxo.

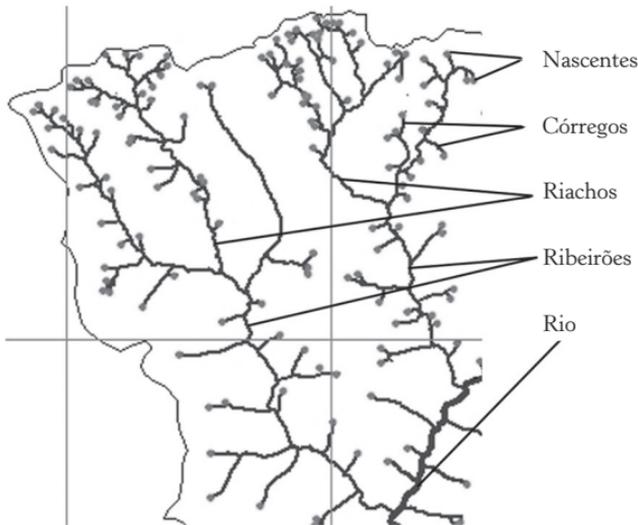
Os rios normalmente são formados por pequenos córregos oriundos de nascentes (Figura 1.7) ou de degelo de neve. Ao se juntar, os pequenos córregos formam riachos que, ao se unirem, formam ribeirões.[1] Um conjunto de ribeirões ao ter suas águas somadas forma um rio.

Figura 1.7 – Nascente de água

Fonte: arquivo pessoal

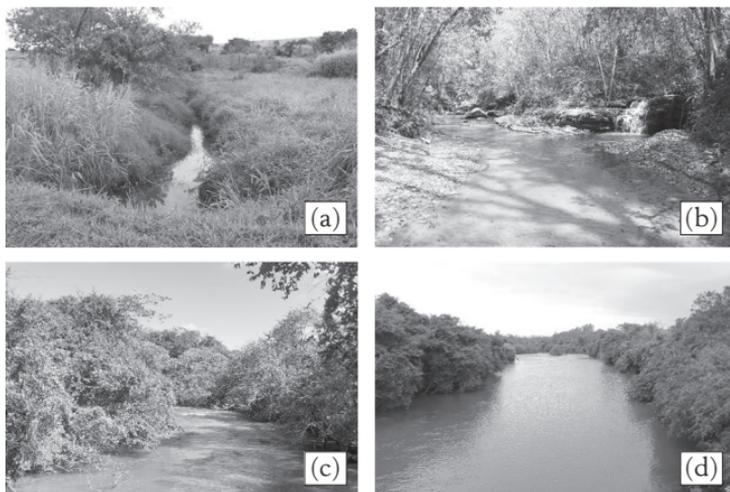
1 Esses pequenos corpos de água podem ter denominações regionais diferentes no Brasil, como arroios, sangas, regatos, igarapés e outros.

Após a formação dos rios, conforme suas águas se deslocam, recebem água de nascentes, córregos, riachos e ribeirões que deságuam ao longo do leito, aumentando suas dimensões e seu volume. Posteriormente, os rios se juntam a outros rios e formam rios maiores, alcançando dimensões como as dos rios Amazonas, Paraná, São Francisco, entre outros. Exemplo dessa hierarquia é mostrado na Figura 1.8.

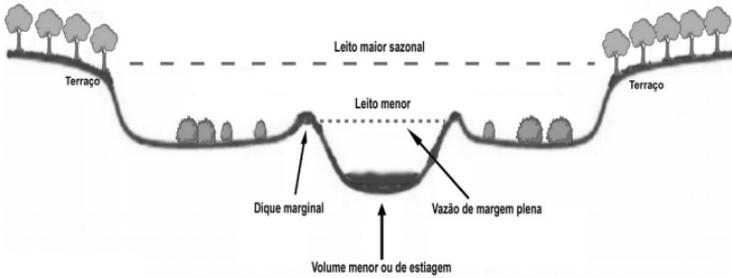
Figura 1.8 – Exemplo de hierarquia fluvial

Fonte: reprodução

Os rios recebem ainda águas oriundas de chuvas, de enxurradas e do escoamento superficial de áreas onde a água não se infiltrou, seja por saturação do solo causada por chuvas imediatamente anteriores, seja por compactação dos solos ou por impermeabilização do solo. Essas águas podem trazer fertilizantes e outros produtos químicos, estercos, vinhaças e tudo mais que esteja sobre o solo ou incorporado à sua superfície. Podem trazer para o leito do rio também solos e outros sedimentos que causam o assoreamento do leito.

Córregos, riachos, ribeirões e rios recebem também águas oriundas de estações de tratamento ou de efluentes sem tratamento descarregados diretamente de áreas urbanas ou rurais. A Figura 1.9 mostra fotografias de cada um desses corpos d'água.

Figura 1.9 – Córrego (a), riacho (b), ribeirão (c) e rio (d)

Fonte: arquivo pessoal

O leito dos rios pode variar muito em razão das características ambientais do trecho onde for feita a análise, mas tende a manter formato próximo do apresentado na Figura 1.10. Nela podemos observar os terraços (margens) que delimitam o leito maior sazonal, os diques marginais, que delimitam o leito menor e ainda o volume mínimo ou de estiagem.

Figura 1.10 – Seção de um rio

Fonte: elaborada pelo autor

A Figura 1.10 destaca que o leito maior sazonal é aquele ocupado pelas águas nos períodos de chuvas mais intensas. Essa ocupação dura de alguns minutos para pequenas microbacias até semanas ou meses para planícies de grandes rios como Amazonas, Paraná, Paraguai, Aquidauana, Poconé e Miranda (esses formadores do Pantanal).

O período em que os rios ocupam seu leito maior sazonal é denominado cheia. Quando as águas extrapolam os limites naturalmente definidos e atingem estruturas antrópicas, diz-se que ocorreu inundação.

Atualmente, com a mudança no uso da terra de grandes áreas das bacias hidrográficas e com o aumento das áreas compactadas e impermeabilizadas, o volume das águas que chegam aos rios superficialmente aumentaram, o que tem mudado essas características de rios e ampliado as áreas de inundação nos períodos de chuvas. Como consequência do grande escoamento superficial e da redução das taxas de infiltração, a maior parte das águas é perdida, pois não se infiltra no solo e, consequentemente, não fica disponível posteriormente nas nascentes. Esse processo tem reduzido os volumes menores ou de estiagem, o que compromete os ecossistemas dos rios e os serviços ambientais por estes prestados, como a geração de energia hidroelétrica: se há menos água brotando nas nascentes,

há menos água nos rios e nos reservatórios construídos para produzir energia.

Ao mesmo tempo tem-se observado cada vez mais rios com águas poluídas e leitos assoreados, o que modifica completamente não apenas as características físico-químicas das águas como também a profundidade e a velocidade delas, comprometendo a diversidade de espécies nesses ecossistemas. No caso do assoreamento, a lâmina de água, ao ficar menor, permite que a radiação solar chegue até o fundo do rio e seja refletida. Nessa condição, a luminosidade e a temperatura são modificadas, o que interfere fortemente nas características ambientais das águas e, normalmente, compromete o hábitat para quase todas as espécies originais do local. A Figura 1.11 mostra dois exemplos de córregos nessas situações.

Figura 1.11 – Córrego Santa Fé em São Paulo (SP) (à esquerda) e córrego do Veado em Umuarama (PR)

Fonte: acervo pessoal

Reservatórios superficiais

São acumulações de água na superfície do solo. Podem ser naturais ou artificiais. Suas denominações variam regionalmente, mas os termos mais comuns são lagoas, lagos, lagunas, açudes e reservatórios.

Lagos e lagoas são aprofundamentos no solo situados em altitudes inferiores ao relevo próximo, retendo e acumulando água. Não existe um consenso quanto à diferenciação entre ambos, mas o critério mais utilizado é o tamanho, e os lagos são maiores do que as lagoas (embora não haja dimensões que definam esses tamanhos). Outro critério utilizado é a formação rochosa. Segundo esse critério, os lagos são resultado de grandes transformações que aconteceram principalmente no período glacial (1,6 milhão de anos atrás).

As lagunas são definidas como ambientes com águas paradas, próximas ao mar, mas separadas dele por algum tipo de barreira (formações rochosas, barreiras de areia ou recifes). As lagunas recebem ao mesmo tempo água doce da chuva e dos rios e água salgada quando ocorre o ingresso da água trazida pelas marés. Dessa forma, as águas de uma laguna podem ser doces, salobras ou salgadas, podendo sofrer alterações na salinidade nas diferentes épocas do ano.

Os açudes são barramentos transversais construídos em terra, concreto, madeira ou pedra, que visam reter e armazenar água. Também são chamados de lagos artificiais, de reservatório ou represa.

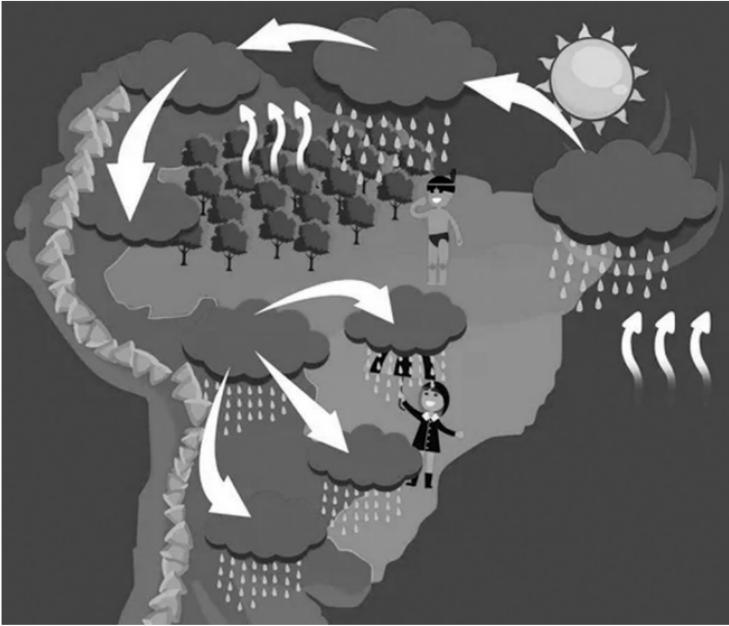
Rios voadores

Rios voadores é uma expressão relativamente recente na literatura especializada. Denominam-se dessa maneira

os vapores de água que se deslocam na atmosfera, levados por correntes de ar. É um processo que ocorre especialmente nas regiões tropicais e subtropicais do globo terrestre, e é dependente do volume do dossel vegetal que se encontra sobre a superfície do solo. Nesse contexto, grandes áreas florestais lançam na atmosfera volumes de vapores de água muito superiores àqueles vertidos por áreas de monoculturas florestais ou sob uso agropecuário.

O exemplo mais recorrente desse fenômeno é o deslocamento dos vapores de água oriundos da região amazônica pelo continente sul-americano, conforme apresentado na Figura 1.12. Nela é possível observar que os vapores de água originados na região equatorial do Oceano Atlântico são deslocados para sobre a floresta onde se somam aos vapores produzidos pela transpiração da vegetação. Esses vapores deslocam-se por sobre a região, causando precipitações volumosas, e chegam até a Cordilheira dos Andes, cujas dimensões impedem a passagem das nuvens e as direcionam para o sul, distribuindo chuvas por todo centro da América do Sul, incluindo as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil.

Embora o exemplo mostrado na Figura 1.12 seja o mais clássico, rios voadores se formam em várias outras regiões do Brasil e do mundo. A maioria deles com dimensões muito menores e com impacto local ou regional. Assim, várias pesquisas têm demonstrado que nuvens que passam sobre áreas de grandes florestas, como as existentes em unidades de conservação, tendem a se tornar mais produtivas em termos de volume de precipitação. Isso ocorre pela adição dos vapores de água das árvores aos já presentes nas nuvens.

Figura 1.12 – Trajeto predominante dos principais rios voadores

Fonte: reprodução

O oposto também é verdade. Em áreas onde praticamente não existem mais florestas, observa-se a diminuição da umidade do ar, o que tende a reduzir as chuvas, aumentar a temperatura e, consequentemente, provocar incêndios e queimadas. Esses, por sua vez, secam ainda mais o ar, o solo e a vegetação, retroalimentando esse processo e potencializando a ocorrência desses episódios.

2
Bacias hidrográficas: definições e representação

As bacias hidrográficas são áreas da superfície terrestre definidas pelo escoamento superficial e subsuperficial das águas das chuvas que, ao caírem, são direcionadas pela força da gravidade, a partir dos divisores de água, para as regiões mais baixas do relevo predominantemente por ravinas, canais, córregos e tributários, até alcançar o rio principal.

Os divisores de águas estão localizados nas áreas mais altas do relevo, e, a partir deles, as águas precipitadas em uma chuva são direcionadas para os rios de uma bacia hidrográfica ou para os de uma bacia vizinha, a partir do divisor topográfico. A Figura 2.1 mostra a bacia hidrográfica do rio Pardo, localizada no estado de São Paulo, em imagem tridimensional, com destaque para os divisores de águas e exemplos da distribuição das nascentes e tributários e dos rios componentes dessa bacia.

As figuras 2.2 e 2.3 mostram o divisor de águas das bacias hidrográficas dos rios Novo e Turvo, localizados no município de Ocauçu, no estado de São Paulo.

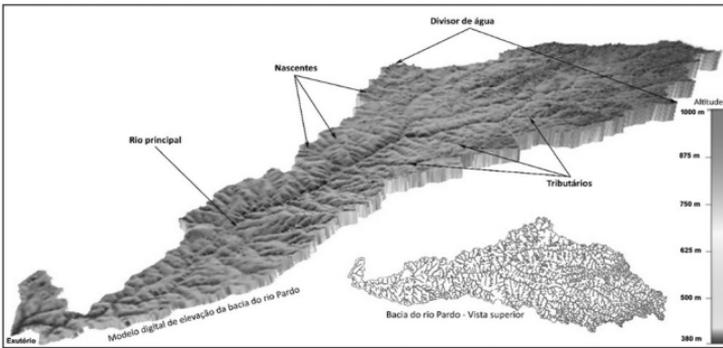
Figura 2.1 – Representação da bacia hidrográfica do rio Pardo, localizada no estado de São Paulo (sem escala)

Fonte: reprodução

Figura 2.2 – Fotografia da BR 153, mostrando o divisor de águas das bacias dos rios Novo e Turvo

Fonte: acervo pessoal

As figuras 2.2 e 2.3 mostram a BR 153, que foi construída no espigão que divide as duas bacias hidrográficas. Esse é um caso em que o divisor de águas é facilmente localizado e identificado. Mas nem sempre é assim. Há casos em que o divisor de águas está situado em platôs que podem ter até centenas de hectares, e sua definição não é tão simples.

Figura 2.3 – Divisor de águas visto em imagens disponíveis no Google Earth

Fonte: reprodução

Também há casos em que nem toda água que precipita nas áreas próximas aos divisores de uma determinada bacia, infiltra na mesma. A Figura 2.4 apresenta exemplo de divisor de água com ocorrência de divisor freático, caso em que a água precipitada superficialmente em uma bacia, após a infiltração, pode ser direcionada para outra por impedimentos subterrâneos.

Figura 2.4 – Casos em que não ocorre a coincidência entre o divisor de água superficial e subterrâneo das bacias

Fonte: Lima (2006) (atualizada pelo autor)

Como as águas que caem sobre a área de uma bacia são escoadas até o rio principal, as condições dela frequentemente são avaliadas a partir do registro de sedimentos, contaminantes e outros produtos que podem estar dispersos pela área da bacia. Assim, essa análise pode indicar problemas, se atestadas características negativas, ou boa conservação ou manejo adequado da área, quando as águas no exutório apresentam boa qualidade e volume próximo da constância.

A partir dessas informações se pode inferir que a unidade ideal para o trabalho com recursos naturais é a bacia hidrográfica, uma vez que é definida pela própria natureza a partir dos processos físicos e químicos que moldam o relevo e condicionam as relações entre os componentes bióticos e abióticos existentes na área. O elo entre esses componentes é a água que, ao precipitar sobre esse espaço, é direcionada para regiões determinadas pelo seu ciclo, formando os córregos e rios que escorrem superficialmente, ou infiltra nos depósitos subterrâneos, alimentando os aquíferos ou as nascentes que mantém os cursos de água nos períodos entre as precipitações (Piroli, 2013). A Figura 2.5 mostra as bacias hidrográficas brasileiras representadas em um mapa de elevações, onde foi aplicada técnica de exagero vertical. Nele é possível identificar as principais bacias e algumas sub-bacias de nosso país.

Analisando-se o mapa da Figura 2.5, é possível observar que, salvo algumas exceções (quase todas localizadas em pequenos trechos próximos ao litoral), todo o território brasileiro apresenta alguma bacia hidrográfica. Daí a importância da divulgação da temática, do conhecimento de suas características e de políticas de planejamento, gestão e manejo visando ao uso adequado e à perpetuação de suas capacidades produtivas, tanto em termos econômicos quanto em termos ambientais. E, sobretudo, em relação à produção de água e à segurança hídrica.

Figura 2.5 – Mapa de elevação do Brasil onde é possível observar as principais bacias hidrográficas do país

Fonte: Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/docannexe/image/31886/img-1.jpg>. Acesso em: 8 set. 2021

Além dos aspectos naturais apontados, no Brasil, a bacia hidrográfica é definida pela Lei n.9.433 de 1997 (Brasil, 1997), como unidade básica para gestão dos recursos hídricos, o que a indica como espaço adequado para o gerenciamento dos demais recursos naturais, por ser uma área com características físicas e biológicas relativamente semelhantes, delimitada pelos divisores de água. Nesses espaços, muitas vezes ocupados por estruturas e atividades antrópicas, as águas superficiais são deslocadas pela força da gravidade até um córrego, rio ou reservatório (superficial ou subterrâneo), e as águas subsuperficiais se infiltram e se deslocam até voltarem

à superfície pelas nascentes ou serem armazenadas nos aquíferos profundos.

Conforme Coelho Netto (2005), bacia hidrográfica é a área da superfície que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. A autora diz que as bacias variam de tamanho e articulam-se a partir de divisores de drenagens principais, drenando em direção a um canal-tronco ou coletor principal e constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado, que pode ainda ser desmembrado em sub-bacias.

Dessa forma, a água que circula em uma bacia hidrográfica leva a informação de como ocorre a relação entre seus componentes naturais e deles com a sociedade. O uso e a forma de ocupação da terra em uma bacia influenciam na qualidade de seus recursos naturais, modificando-os. A preservação ou a retirada das matas ciliares existentes nas margens dos rios é uma das medidas que mais impactam o ecossistema de uma bacia, pois elas são um componente natural importante, uma vez que filtram as águas, atuam como barreiras físicas nos processos de transporte de materiais e mantêm a estabilidade das margens de nascentes e rios (Piroli, 2013).

Capobianco e Whately (2002) afirmam que a conservação da quantidade e da qualidade da água depende das condições naturais e antrópicas das bacias hidrográficas, onde ela se origina, circula, percola ou fica estocada na forma de lagos naturais ou de reservatórios artificiais. Isso ocorre porque, ao mesmo tempo em que rios, riachos e córregos alimentam uma represa, também podem trazer detritos e materiais poluentes despejados diretamente neles ou no solo por onde as suas águas passam.

Nesse contexto, a gestão de bacias deve considerar a possibilidade do uso múltiplo dos recursos hídricos. Piroli (2013) diz que a água proveniente das chuvas deve

ser aproveitada pelos ecossistemas em todos os seus momentos dentro do seu ciclo na área de uma bacia. Desde o instante em que precipita, ela remove impurezas depositadas sobre folhas, galhos e troncos das plantas. Em seguida, infiltra no solo de maneira suave, levando para seu interior umidade e nutrientes. Na sequência, a água percola profundamente até chegar aos depósitos subterrâneos, onde deve contribuir para a manutenção do lençol freático e a formação das nascentes ou ficar armazenada nos aquíferos. O mesmo autor afirma que essa sequência é invariavelmente, e cada vez com mais intensidade, modificada pelas pessoas e por suas atividades. O autor destaca que os responsáveis por essas atividades muitas vezes não têm consciência que fazem parte de um contexto maior, e que com suas tarefas interferem nesse ciclo, provocando-lhe mudanças importantes, com risco de escassez de água, pela falta tanto de quantidade quanto de qualidade.

Assim, para que as interferências sejam minimizadas e o abastecimento necessário às atividades produtivas se mantenha, é importante que sejam estabelecidos sistemas integrados de gestão de bacias que considerem as características do ciclo natural das águas, dos ecossistemas e o conjunto das necessidades humanas. Dessa forma, para gerenciar os recursos hídricos em uma bacia, é preciso considerar os aspectos físicos de relacionamento entre a terra e a água, superficial e subterrânea, o manejo dessas águas pelas pessoas que as utilizam, e as relações econômicas oriundas da utilização dessa água no sistema bacia, tais como irrigação, geração de energia, usos industriais e atendimento de pessoas e dessedentação de criações.

Termos e definições de bacias hidrográficas

Alguns autores definem bacia hidrográfica como um espaço na superfície terrestre com algumas características particulares, entre as quais a presença de divisores de água e as drenagens confluindo para um mesmo rio. Outros definem também a hierarquização das bacias quanto ao tamanho da área ocupada, à ordem dos rios e córregos que as compõem e ao seu nível hierárquico.

Em alguns casos ocorre ainda de estudiosos sobre o assunto se referirem às bacias genericamente, sem levar em consideração os avanços que têm ocorrido nas últimas décadas, sobretudo aqueles relativos ao levantamento e à análise de informações. Assim, os termos bacia, sub-bacia e microbacia são usados indistintamente, nas mais diversas situações, incluindo na denominação de programas de governos. Muitas vezes esses termos são apresentados em ordem inversa ou como sinônimos. Além disso, nos últimos anos surgiram e têm sido usados cada vez com mais intensidade os termos *ottobacias* e *regiões hidrográficas*, que também definem espaços no território, com divisas naturais.

Essa variação de termos tem diferenciado as formas de atuação, e ao mesmo tempo, em alguns casos, dificultado o entendimento entre profissões de diferentes áreas que atuam no setor. Assim, profissionais com formação predominantemente técnica e que atuam de modo mais direto, como em obras ou com manejo pontual, em vários casos têm dificuldade de visualizar as bacias ou as microbacias como um todo. Já outros profissionais com formação mais dirigida à análise sistêmica do espaço conseguem visualizar a microbacia ou a bacia como um todo, porém, em alguns casos, apresentam dificuldades na implantação de soluções específicas.

Dessa forma, é importante que a atuação, a sistematização e mesmo a apropriação dos termos sejam padronizadas para que cada profissional possa desenvolver suas atividades com o máximo de proveito, compreendendo a forma como o outro percebe, pensa e trabalha.

Observa-se no dia a dia que alguns profissionais com determinada formação tendem a usar apenas o termo microbacia para atuar nesses espaços; outros, empregam o termo bacia, o que não os impede de utilizar os demais. Muitas vezes os termos bacia, sub-bacia e microbacia são utilizados como sinônimos, desconsiderando-se a hierarquização natural que existe entre eles.

A partir dessa constatação, considera-se que essa questão precisa ser esclarecida para homogeneizar termos e conceitos e, assim, facilitar o entendimento entre os indivíduos, formações e instituições. Essa padronização é importante para melhorar os resultados de projetos e programas desenvolvidos nos diferentes níveis de governo e nas instituições de pesquisa, assim como aperfeiçoar a divulgação de informações e o entendimento por parte da população.

Mas o que significam esses termos, o que os diferencia e quando devem ser usados? Na sequência apresentam-se algumas definições que buscam contribuir para o entendimento e para o esclarecimento de todos aqueles que se interessam pelo tema. A apresentação será iniciada pelo conceito de região hidrográfica, maior unidade de gerenciamento dos recursos hídricos em nosso país, conforme definido pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Na sequência serão apresentadas algumas definições tradicionais dos conceitos relativos a bacias, sub-bacias, microbacias e suas aplicações nas atividades cotidianas.

Região hidrográfica

A Lei n.9.433/97 definiu a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e para a atuação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SGRH). Posteriormente, o PNRH, apoiando-se em uma metodologia que proporciona o referenciamento de bases de dados para a sistematização e compartilhamento de informações, criou a Divisão Hidrográfica Nacional, que foi instituída pela Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) n.32, de 15 de outubro de 2003, referenciando a base físico-territorial a doze regiões hidrográficas, apresentadas na Figura 2.6.

Figura 2.6 – Regiões hidrográficas brasileiras

Fonte: Disponível em: <http://i0.wp.com/blogmurilocardoso.files.wordpress.com/2012/01/regic3b5eshidrograficas.png>. Acesso em: 12 jul. 2021

Bacia hidrográfica

Uma bacia hidrográfica é a área da superfície terrestre delimitada pelas regiões mais altas do relevo, que definem

os divisores de água com as bacias vizinhas. Toda água que nela precipita é deslocada pela força da gravidade via escoamento superficial de maneira difusa ou por canais, que confluem para córregos, rios ou reservatórios localizados nas regiões mais baixas do relevo. A água infiltrada subsuperficialmente também é direcionada para pontos localizados à jusante, onde volta a aflorar na superfície via nascentes. Podem ocorrer, entretanto, casos em que a água infiltrada em uma bacia é conduzida para outra por impedimentos físicos subterrâneos.

A seguir são apresentados alguns conceitos relativos a bacias hidrográficas, estabelecidos por alguns dos mais conceituados estudiosos do tema.

De acordo com Christofoletti (1980), bacia hidrográfica é a área drenada por determinado rio ou rede fluvial, cuja drenagem é constituída por um conjunto de canais de escoamento interligados. A área drenada por esse sistema fluvial é definida como bacia de drenagem, e essa rede de drenagem depende não só do total e do regime das precipitações, como também das perdas por evapotranspiração e infiltração.

Faustino (1996) diz que bacia hidrográfica é uma unidade geográfica compreendida entre divisores de água. Trata-se de um espaço limitado por partes mais altas (como montanhas, morros ou ladeiras), com um sistema de drenagem superficial que concentra suas águas em um rio principal ligado ao mar, a um lago ou a outro rio maior.

Rodrigues e Adami (2005) definem bacia hidrográfica como um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximo à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento

saídas da água e do material por ela transportado, que mantêm relações com esses canais.

Já Gonzalez (2004) e Rodriguez (2008) dizem que as bacias hidrográficas superficiais constituem um tipo especial de sistema ambiental, em particular de geossistema, que pode ser definido como um espaço físico organizado de acordo com o escorrimento de determinados fluxos de água. É a superfície terrestre drenada por um sistema fluvial contínuo e bem definido, cujas águas vertem a outros sistemas fluviais ou a outros corpos de água, e seus limites são geralmente determinados pelo divisor principal segundo o relevo.

Para Lima (2006) uma bacia hidrográfica compreende toda a área de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários. O limite superior de uma bacia hidrográfica é o divisor de águas (divisor topográfico), e a delimitação inferior é a saída da bacia (confluência).

Também pode ser definida de acordo com Coelho Netto (2005) como a área da superfície que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. Bacias variam de tamanho e articulam-se a partir de divisores de drenagens principais, drenando a água em direção a um canal-tronco ou coletor principal, e constituem um sistema de drenagem hierarquicamente organizado, que podem ainda ser desmembrados em sub-bacias.

Sub-bacia hidrográfica

De acordo com Faustino (1996), sub-bacia é toda área com drenagem direta no curso principal da bacia; e várias sub-bacias formam uma bacia. A área de uma sub-bacia pode alcançar aproximadamente 700 km^2.

Rocha (1991) afirma que sub-bacia tem o mesmo conceito de bacia, com deságue em outro rio (bacia). Suas dimensões superficiais variam entre 20 mil e 300 mil hectares (ha).

Baseando-se nas informações desses autores, podemos definir sub-bacia como parte de uma bacia hidrográfica.

Microbacia hidrográfica

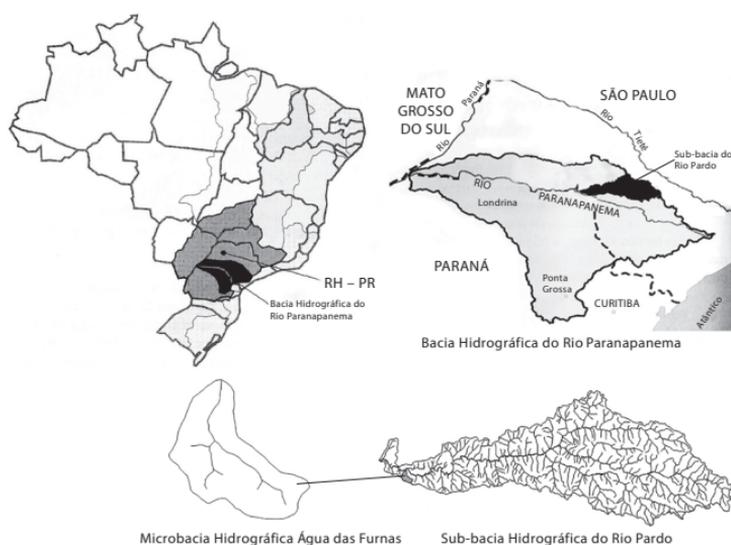
Segundo Faustino (1996), microbacia é toda área com drenagem direta no curso principal de uma sub-bacia; e várias microbacias formam uma sub-bacia. A área de uma microbacia deve ser menor do que cem km^2.

Rocha (1991) afirma que microbacia hidrográfica tem o mesmo conceito de bacia hidrográfica, destacando que o seu tamanho máximo deve ser de até 20 mil ha.

As microbacias hidrográficas também são denominadas por alguns autores como bacias de cabeceiras.

A Figura 2.7 mostra a hierarquização das bacias partindo da região hidrográfica do rio Paraná até chegar ao córrego Água das Furnas: no canto superior esquerdo, temos o mapa do Brasil com destaque para a região hidrográfica do Paraná (RH-PR); dentro dela, a bacia hidrográfica do rio Paranapanema. Ao lado, temos a bacia hidrográfica do rio Paranapanema, com destaque para a sub-bacia do rio Pardo. À direita, temos a sub-bacia do rio Pardo e todos seus tributários e nascentes, com destaque para a microbacia do córrego Água das Furnas. Na última imagem, temos a microbacia, onde podemos ver a localização do córrego Água das Furnas, seus tributários e nascentes.

Essa hierarquização é importante no trabalho com bacias hidrográficas, uma vez que cada nível demanda formas de atuação diferenciadas. Ao trabalharmos com

Figura 2.7 – Hierarquização das bacias desde a região hidrográfica até a microbacia

Fonte: Plano de Bacia da UGRHI 17, 2007 (atualizada pelo autor)

bacias hierarquizadas, fica clara a posição delas em termos de tamanho e de área de captação, e a nomenclatura de acordo com a hierarquia. No entanto, quando trabalhamos com as bacias individualmente, todas podem ter a denominação de bacias, uma vez que o conceito para os diferentes níveis hierárquicos é o mesmo.

Classificação das bacias hidrográficas

A seguir, veremos como as bacias hidrográficas podem ser classificadas quanto ao escoamento global, ao período de fluxo do rio, ao balanço hídrico, à abrangência territorial e à zona hidrogeodinâmica.

Escoamento global

Conforme Christofoletti (1980), as bacias de drenagem podem ser classificadas, de acordo com o escoamento global, em:

a) *exorreicas*: quando o escoamento da água se faz de modo contínuo até o mar, isto é, quando as bacias deságuam diretamente no mar;

b) *endorreicas*: quando as drenagens são internas e não possuem escoamento no mar, desembocando em lagos, dissipando-se nas areias do deserto ou perdendo-se nas depressões cársticas;

c) *arreicas*: quando não há qualquer estruturação em bacias, como nas áreas desérticas;

d) *criptorreicas*: quando as bacias são subterrâneas, como nas áreas cársticas.

Período de fluxo do rio

O mesmo autor define, de acordo com o período de fluxo, os seguintes tipos de rios:

a) *perenes*: quando há fluxo o ano todo, ou pelo menos em 90% do ano, em canal bem definido;

b) *intermitentes*: de modo geral, quando só há fluxo durante a estação chuvosa (50% do período ou menos);

c) *efêmeros*: quando só há fluxo durante chuvas ou períodos chuvosos; os canais não são bem definidos.

Balanço hídrico

De acordo com o balanço hídrico, partindo-se do interesse antrópico, as bacias hidrográficas podem ser classificadas em:

a) *bacia balanceada*: quando oferta e demanda de água são compatíveis;
b) *bacia deficitária*: quando a demanda de água é maior que a oferta;
c) *bacia com excesso*: quando a oferta é maior que a demanda.

Abrangência territorial

Quanto à abrangência territorial, Souza e Fernandes (2000) classificam as bacias hidrográficas como:

a) *da União*: quando rios, lagos e quaisquer correntes de água estão localizadas nas áreas de domínio do país ou quando banham mais de um estado, servem de limites com outros países, ou se estendem a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;
b) *dos estados*: águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, nesse caso, as decorrentes de obras da União. Bacias que têm sua nascente e foz dentro do estado.
c) *dos municípios:* quando a rede de drenagem está inserida dentro do território do município.[1]

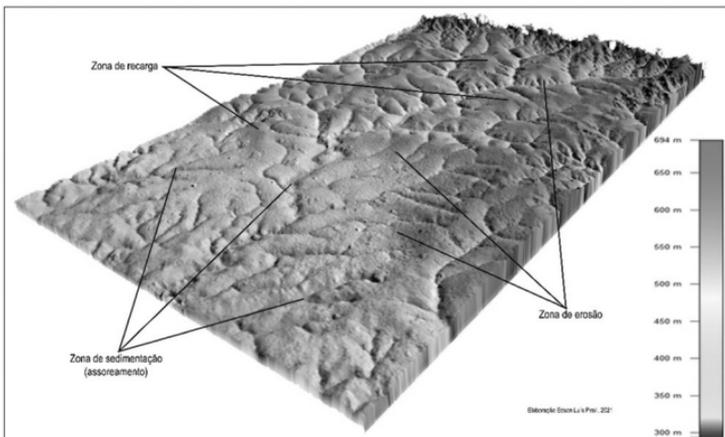
Zona hidrogeodinâmica

De acordo com a zona hidrogeodinâmica, Souza e Fernandes (2000) classificam as bacias hidrográficas como tendo (Figura 2.8):

---

1 Neste caso, não há legislação que determine essa condição. No entanto, há legislações que determinam o interesse do município nas decisões sobre seu território.

a) *zona de recarga*: locais de relevo suave com solos profundos e permeáveis. São áreas situadas em topos de morros e chapadas, fundamentais para o abastecimento dos lençóis freáticos;
b) *zona de erosão*: situada imediatamente abaixo das áreas de recarga. Nessas áreas o escoamento superficial tende a predominar sobre o processo de infiltração;
c) *zona de sedimentação*: são as planícies fluviais (várzeas), que constituem a zona de deposição nas bacias hidrografias.

Figura 2.8 – Zonas hidrogeodinâmicas

Fonte: elaborada pelo autor

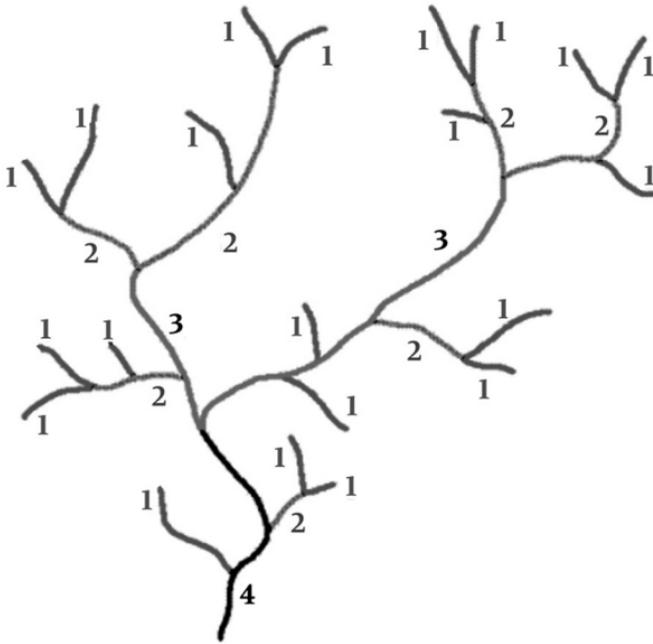
Ordenamento de bacias hidrográficas

De acordo com Sthraler (1957), as bacias hidrográficas são ordenadas da seguinte forma: partindo-se das nascentes, os canais são denominados primários e classificados como de *primeira ordem*. Nesse caso, temos uma bacia de primeira ordem.

A partir da junção de dois canais primários, temos uma bacia de *segunda ordem*. Quando duas bacias de segunda ordem se encontram, formam uma de terceira ordem, e assim sucessivamente.

A junção de um canal de uma ordem com um canal de ordem superior não altera a ordem deste. Além disso, a *ordem do canal* até a saída da bacia é também a *ordem da bacia*.

A Figura 2.9 ilustra o método de ordenamento dos canais, conforme Sthraler (1957).

Figura 2.9 – Ilustração do método de ordenamento dos canais

Fonte: Sthraler (1957)

Bacia hidrográfica como sistema

A melhor maneira de planejar, gerir e manejar uma bacia hidrográfica é tratá-la como um sistema, considerando

todos seus componentes. Nessa perspectiva, ela é composta pelos subsistemas biofísico, social, econômico e demográfico.

Recomenda-se essa abordagem porque uma bacia é um recorte espacial em que as águas que fluem para um mesmo rio, lago ou mar, carregam as informações relativas às interações dos subsistemas inseridos em sua área.

A magnitude das inter-relações que ocorrem na bacia define o grau de complexidade e de sobreposição dos subsistemas entre si, determina quais as interdependências entre eles e os níveis de conflito entre os diferentes interesses que coexistem na bacia hidrográfica.

Cada subsistema de uma bacia pode ser dividido em vários níveis para aprofundar o conhecimento de suas características.

Subsistema biofísico

É composto pelos componentes físicos e biológicos e suas inter-relações. Nessa perspectiva, analisa-se a atmosfera, a hidrosfera e a litosfera, que dão origem às características básicas de uma bacia hidrográfica, quais sejam, clima, solo, relevo e hidrografia. Analisa-se também nesse subsistema a flora e a fauna (macro e micro) da bacia.

Subsistema social

É composto pela população humana que habita a área da bacia e pelas formas como ela interage com os demais subsistemas por meio da organização comunitária, dos métodos de produção rural e urbano, das relações políticas, do nível educacional, da infraestrutura de moradia, do deslocamento, do acesso a serviços básicos de saúde, educação e segurança. E das tecnologias que essa comunidade

utiliza no dia a dia e nas relações com os subsistemas biofísico e econômico.

Subsistema econômico

Está relacionado aos modos como se realiza o uso da terra em uma bacia hidrográfica, ao tamanho das propriedades, ao nível de consumo que ocorre no território da bacia, ao número de construções inseridas na área, ao custo de insumos utilizados nas relações entre os membros da comunidade e desses com o subsistema biofísico e ao retorno econômico dos sistemas de produção inseridos na área da bacia. Esse subsistema deve determinar como são os aspectos da produção atual na bacia e as possibilidades futuras, devendo desenvolver políticas e aplicar sempre estratégias de desenvolvimento sustentável.

Subsistema demográfico

Esse subsistema compreende a estrutura populacional da área da bacia hidrográfica, considerando tamanho, distribuição, sua densidade e forma de ocupação do recorte espacial.

Esses subsistemas coexistem em permanente e dinâmica interação, reagindo e respondendo às interferências de um sobre o outro. O resultado dessas interações é registrado nas águas, que indicam, assim, os efeitos das ações e reações dos respectivos componentes. Por esse motivo as bacias hidrográficas vêm se consolidando como compartimentos geográficos coerentes para planejamento integrado do uso e da ocupação dos espaços rurais e urbanos, tendo em vista o desenvolvimento sustentado no qual se compatibilizam atividades econômicas e qualidade ambiental (Souza; Fernandes, 2000).

3
Caracterização de bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas apresentam diferenças quanto a formato, tamanho, relevo, recursos naturais e ocupação antrópica. Essas características determinam tipo, aptidão, potencial, limitações e problemas dessas bacias. O processo de caracterização (também chamado de diagnóstico) busca levantar informações sobre as condições físicas, climáticas e topográficas de sua área. Busca também fazer o inventário da situação dos recursos naturais e descrever a localização, a forma de operação e de manutenção dos serviços públicos, e registrar as condições socioeconômicas e culturais da população.

Nesse processo deve ser identificado como a tecnologia é aplicada no aproveitamento dos recursos naturais da bacia e seus efeitos sobre ela, a localização e o estado das obras de infraestrutura existentes na área da bacia, tanto para o abastecimento de água potável quanto para geração de energia elétrica, deslocamentos, drenagem das águas superficiais (rurais e urbanas) e outras atividades que possam interferir na qualidade ambiental da bacia.

Além disso, é preciso identificar quais são os organismos públicos e privados do sistema institucional que

desenvolvem ações na bacia, tanto no campo das produções agropecuária e urbana, quanto na esfera da proteção ambiental, da estrutura social ou em qualquer outro serviço orientado a melhorar as condições de vida da população e a qualidade do ambiente.

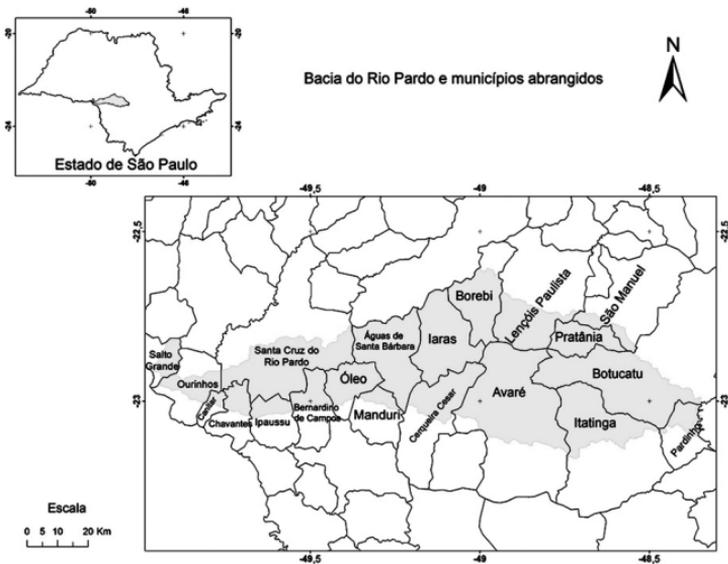
Para finalizar, devem-se ainda conhecer os aspectos jurídicos e legais relacionados à área da bacia, aos municípios componentes, aos estados e ao país. Esses estão registrados nas legislações e normas concernentes às questões de bacias hidrográficas, de águas e de todos os demais subsistemas da área de interesse.

Informações necessárias para a caracterização

Nessa etapa devem ser descritas todas as características da bacia hidrográfica de interesse. Recomenda-se observar a sequência indicada, com pequenas variações de acordo com a área em que se estiver trabalhando.

Caracterização geral da área

Nessa etapa são levantadas informações sobre a localização, o tamanho da área e os limites da bacia, o(s) município(s) componentes e outras informações relevantes para caracterizá-la. O ideal é iniciar pela elaboração do mapa da área, conforme o exemplo da Figura 3.1.

Figura 3.1 – Área da bacia hidrográfica do rio Pardo, com municípios

Fonte: elaborada pelo autor

Caracterização física

Aqui são feitas as descrições de rochas matrizes, relevo, corpos de água, solos e clima da área, com destaques para a hipsometria, a clinografia, a aptidão agrícola das terras, a localização de reservatórios de água, a distribuição das chuvas, os riscos de secas, geadas e outras anomalias climáticas, as áreas de risco (erosões, assoreamento, enxurradas, inundações, deslizamentos), entre outras características que possam ser identificadas na área.

Caracterização morfométrica

Caracterização morfométrica refere-se ao comprimento total dos cursos de água, à densidade de drenagem, ao

índice de circularidade, ao fator de forma, ao coeficiente de compacidade, à declividade média, ao coeficiente de rugosidade, à vazão, ao padrão de drenagem, à orientação predominante, à altitude média, entre outros dados que podem ser obtidos para cada caso específico. As fórmulas para esses cálculos são obtidas em livros e artigos que tratam da temática da hidrologia e hidrogeografia.

Uso da terra

Refere-se ao levantamento e à representação cartográfica da distribuição das coberturas do solo da bacia hidrográfica. Deve-se representar desde as áreas naturais (florestas nativas, campestres, áreas rochosas, represas naturais, banhados e similares) até as antropizadas, como as ocupadas pelas áreas urbanas e pelo uso agropecuário. Além disso, devem ser representadas as áreas cobertas por águas (rios, represas e açudes) e aquelas ocupadas por infraestruturas de transportes (rodovias, ferrovias, aeroportos e similares). Nessa etapa do trabalho, recomenda-se o uso do *Manual técnico do uso da terra*, do IBGE[1], para definição das categorias a serem mapeadas.

Nessa tarefa é importante considerar a escala dos mapeamentos, buscando-se representar o mais claramente possível cada um dos usos da terra. Isso é alcançado ao se definir cada uso na escala de maior detalhamento, considerando a área total a ser representada. Ou seja, se queremos representar uma pequena bacia (microbacia), que abrange em torno de 50 km^2, podemos utilizar escalas de 1:5.000 a 1:25.000; para bacias de tamanho médio que abrangem de 50 a 500 km^2, podemos usar escalas de 1:25.000 a 1:50.000. E assim sucessivamente.

1 Atualmente na terceira edição, publicada em 2013.

Em qualquer das escalas, sempre é possível ampliar os detalhes em áreas específicas de interesse especial e destacar melhor as informações nelas contidas.

Caracterização biótica

Nessa fase do trabalho, faz-se a identificação das características da flora e da fauna nativa da área. Também devem ser identificadas espécies invasoras porventura disseminadas pela bacia. É importante descrever ainda os ecossistemas terrestres e aquáticos, as unidades de conservação e, se for possível, indicar as áreas prioritárias para conservação da biodiversidade.

Caracterização socioeconômica

Aqui são feitos os estudos e as representações relativas à distribuição da população humana sobre a área, a localização de núcleos habitacionais, áreas urbanas e demais atividades produtivas, considerando-se as atividades agropecuárias, agroindustriais e industriais, passando-se pelas diversas estruturas disponíveis para a população (educação, saúde, segurança, transporte), os indicadores sociais e a existência e localização de povos e comunidades tradicionais e suas características.

Caracterização da disponibilidade hídrica

Como estamos tratando de água e de bacias hidrográficas, este item é um dos mais importantes e ao qual se deve dedicar a atenção por mais tempo.

Aqui se faz a descrição detalhada das águas superficiais e subterrâneas existentes na área estudada. Deve-se analisar localização dos corpos de água, volumes e qualidade da água. Além disso, é necessário caracterizar as demandas e os tipos de usos das águas, se para abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, geração de energia, indústria, mineração, turismo, transporte e afastamento ou dissolução de efluentes. É ainda fundamental caracterizar o balanço hídrico quantitativo e qualitativo da área.

Caracterização dos aspectos legais e institucionais

Deve-se levantar todo o conjunto legal e as normas institucionais intervenientes na área para fundamentar e dar segurança jurídica às decisões tomadas no âmbito da bacia hidrográfica e de suas organizações.

Caracterização das potencialidades e problemas relativos às águas

Recomenda-se que, ao se realizar o conjunto de atividades para a caracterização da bacia hidrográfica e de suas águas, seus recursos naturais e suas características socioeconômicas, também se identifique os potenciais existentes na área e os problemas urgentes a serem tratados. Essa observação é importante para orientar desde o início do projeto como aproveitar melhor as potencialidades e como buscar a solução para os problemas mais importantes existentes na área.

Fontes de dados e representação

No conjunto das caracterizações deve-se usar dados oriundos de órgãos oficiais dos níveis federal, estadual e municipal inseridos na área do projeto. Além disso, é preciso consultar dados de literatura, de entrevistas com gestores e especialistas e ainda recolher dados primários obtidos a partir de sensores remotos e de análises feitas em campo e em laboratórios. Os trabalhos realizados em universidades e instituições de pesquisa existentes na área também são importante fontes de informação.

Alguns dos principais produtos são: mapas e cartas com a distribuição das informações sobre o recorte espacial; relatórios com tabelas, quadros e suas interpretações, e outros documentos com as demais informações e as diretrizes para as etapas seguintes dos trabalhos. Exemplos de documentos contendo caracterizações de bacias hidrográficas são os planos de bacias e relatórios de atuação elaborados pelos comitês de bacias hidrográficas, que atualmente podem ser encontrados nos sites desses órgãos na internet.

4
Aptidão de bacias hidrográficas

A identificação da aptidão das bacias hidrográficas é importante para definir os potenciais de uso econômico e/ou ambiental, visando a potencialização dos resultados positivos, com redução dos impactos negativos e manutenção da capacidade produtiva e da qualidade ambiental. A partir dessa identificação é possível definir políticas de planejamento do uso e da ocupação da área, para a melhor gestão das decisões e a adoção de técnicas adequadas de manejo integrado. A definição da aptidão pode ser usada tanto para as grandes bacias como para as pequenas. Uma estratégia recomendável é a divisão da bacia hidrográfica em sub-bacias e microbacias, identificando a aptidão ou aptidões principais em cada um desses níveis.

Embora a gestão ideal deva considerar os usos múltiplos da água, a definição de aptidão para cada área pode contribuir para o planejamento mais eficiente e para obtenção de resultados melhores.

A seguir, apresentamos em termos gerais as principais aptidões.

Abastecimento de água potável

Nesse caso, o recurso natural fundamental é a água, que precisa ter disponibilidade em quantidade e boa qualidade. Os corpos de água precisam ter vazões permanentes e condições adequadas para sua coleta e seu armazenamento. Para que essa aptidão seja mantida ao longo do tempo, a área da bacia precisa ser manejada adequadamente, visando ao aproveitamento máximo das águas pluviais, tanto no que se refere ao armazenamento superficial, quanto em termos de infiltração no solo, para que a água esteja disponível para a recarga das nascentes em períodos com chuvas reduzidas.

Irrigação

Para uma bacia ter essa aptidão, além de dispor de água com qualidade adequada e em volumes suficientes para atendimento da demanda, é preciso que o acesso às águas seja facilitado e que os solos da área sejam férteis, profundos e planos. É necessário ainda que o clima seja favorável às culturas implantadas, que haja infraestrutura de acesso e escoamento das produções e disponibilidade de tecnologias que permitam a irrigação.

Produção agropecuária

Para que uma área tenha essa aptidão, é necessário que apresente solos férteis, profundos e planos (no caso de criações, não precisam necessariamente ser profundos nem planos), condições climáticas adequadas às culturas a serem implantadas ou às criações a serem desenvolvidas, distribuição regular de chuvas, especialmente nas épocas

de maior intensidade da produção, ou condições adequadas para irrigação.

Produção florestal

Para que a aptidão de uma área seja definida para implantação de cultivos florestais, ela precisa ter solos férteis, profundos ou com pouca profundidade (nesse caso é preciso definir espécies que se adaptem a essa condição), declividades adequadas (embora aqui possam ser maiores do que aquelas necessárias para produção agrícola) e clima favorável, com distribuição de chuvas adequada.

Aqui cabe destacar que em áreas onde haja mão de obra suficiente e condições para comercialização, podem ser implantados projetos agroflorestais, silvipastoris ou agrossilvipastoris, buscando potencializar o uso do solo e a obtenção de produtos diversificados.

Hidroenergia

Embora no Brasil a geração de energia hidroelétrica seja normalmente feita em rios de bacias hidrográficas que contemplam os mais diversos usos, é possível definir áreas com essa aptidão onde a gestão considere a hidroenergia como a principal atividade. Nesse caso, a bacia precisa ter disponibilidade de água suficiente para essa demanda (e outras, se for o caso), cobertura vegetal adequada (principalmente a nativa), boa distribuição de chuvas ao longo do ano e solos estáveis, especialmente nas áreas onde forem implantados reservatórios.

Ecoturismo

Para essa aptidão, é fundamental que a área tenha recursos naturais ímpares, beleza cênica e/ou patrimônios culturais, sítios históricos e/ou arqueológicos e facilidade de acesso. Os atrativos podem variar, mas, via de regra, o que mais atrai nessa questão é a água. Podemos citar como exemplos brasileiros onde o ecoturismo tem grande importância a bacia do rio Formoso, em Bonito (MS) (Figura 4.1), a bacia do rio Jacarepepira em Brotas (SP), os rios da Chapada dos Veadeiros (GO) e do cânion do Itaimbezinho (RS).

Figura 4.1 – Rio Formoso no Balneário Municipal de Bonito (MS)

Fonte: acervo pessoal

Preservação e/ou conservação da natureza

A definição de uma área com aptidão para preservação necessita que essa esteja ainda com seus recursos naturais intocados ou pouco alterados. Para a conservação, pode

haver alguns ajustes em termos de uso da terra, sem, no entanto, alterar as condições naturais da área. Nesses casos, os recursos naturais estratégicos são a flora, a fauna, os solos, as águas, o relevo e as rochas e minerais existentes na área. A manutenção de áreas preservadas e a conservação adequada dos recursos naturais são fundamentais para o equilíbrio dos ciclos hidrogeoquímicos, especialmente o da água.

Para qualquer uma das aptidões descritas é fundamental considerar a importância do manejo integrado, dos usos múltiplos, incluindo a navegação nos corpos de água. É importante também considerar a necessidade de acesso às áreas e os meios para escoamento das produções nas regiões de plantio e criação.

5
Planejamento de bacias hidrográficas

O ato de planejar pressupõe a preparação e a organização antecipada de estratégias necessárias para se alcançar determinado objetivo. O planejamento deve ser fundamentado com dados precisos e realizado por pessoal capacitado. No que se refere às bacias hidrográficas, o planejamento é instrumento para definir o uso adequado dos seus componentes naturais para preservá-los infinitamente no tempo e satisfazer as demandas da população no presente, sem comprometer o atendimento das gerações futuras.

Deve-se definir o modelo de desenvolvimento a ser adotado na gestão e no manejo da bacia, antevendo cada uma de suas etapas e as fundamentando com dados e conhecimentos existentes. Durante o processo e as tomadas de decisões devem ser consideradas as pautas prioritárias e estabelecidas as metas e seus prazos.

Um aspecto fundamental no planejamento de bacias é a análise integrada dos subsistemas, buscando conhecer as inter-relações existentes entre eles para antever os impactos positivos e negativos de cada ação prevista ou executada em cada subsistema.

Partindo-se dos pressupostos definidos pela Lei Federal n.9.433/1997, o planejamento deve ser conduzido e desenvolvido por técnicos especializados, mas com participação e apoio da população. Caso todos os habitantes e gestores de uma bacia não tenham a oportunidade de contribuir com o planejamento há o risco de o planejamento se tornar ineficiente e não se alcançar a gestão plena dos recursos hídricos.

As atividades de planejamento devem considerar que a água é o fio que tece a relação entre os seres vivos e, por isso, devem levar em consideração todos os momentos do ciclo da água, desde o caminho percorrido dentro dos organismos animais e vegetais até o trajeto feito no interior do solo, nas fendas das rochas, no leito dos rios e córregos e na atmosfera. Atualmente também deve ser considerado o trajeto da água dentro das fábricas, dos hospitais, das escolas, dos sistemas de irrigação e de todos os demais circuitos produtivos de bens de consumo, incluindo a geração de energia nas hidrelétricas e aquela usada como atrativo de atividades turísticas. Todas estas atividades demandam grandes volumes de água e podem interferir no ciclo por meio de retenções, contaminações e poluição (Piroli, 2016).

Para que a água e seu uso sejam planejados de maneira adequada e para que sua preservação passe a fazer parte essencial das agendas dos governos e ser considerada uma responsabilidade de todas as sociedades, é importante que sejam adotadas estratégias de (re)aproximação, visando à sensibilização e à conscientização dos indivíduos e das comunidades de que ela é vital para todos.

Nesse processo, as comunidades devem ser integradas como parte do conjunto dos recursos a serem geridos em uma bacia hidrográfica. Assim, devem ser planejados, criados e implantados programas de informação e integração das pessoas com o patrimônio ambiental e natural.

Segundo Piroli (2016), esses programas devem ser trabalhados em *nível governamental*, a partir da criação de:

- *políticas de ordenamento territorial*: considerando-se que tais políticas têm como premissa buscar a gestão da interação do homem com o espaço natural, deve-se orientar a ocupação do território e dos recursos naturais de acordo com seu potencial, para assegurar a preservação deles para as gerações humanas futuras, o atendimento das necessidades básicas das demais espécies e a manutenção dos ciclos naturais;
- *políticas de gestão de bacias e de manejo de microbacias hidrográficas*: a partir do arcabouço legal voltado para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos estabelecidos com fundamento na Lei Federal Brasileira n.9.433/97, deve-se criar estratégias para gestão das bacias maiores e para a implantação de manejo do patrimônio natural, com ênfase na água e na relação das comunidades com ela, usando como recorte espacial as microbacias hidrográficas rurais, urbanas e mistas, pois é nelas que a relação entre homem e natureza ocorre de maneira mais próxima e intensa.
- *políticas de apoio à conservação do patrimônio natural*: a água em suas diversas formas, o solo, a vegetação, a fauna silvestre e o clima são riquezas que um país tem e de que não deve em hipótese alguma prescindir. Assim, conservá-los faz parte da obrigação dos representantes eleitos pelo povo e, para isso, devem ser elaboradas e adotadas normas que protejam e conservem o conjunto do patrimônio natural do país. Nesse sentido, devem ser criadas e aplicadas legislações voltadas a estas necessidades.
- *políticas de saneamento e de ordenamento do território urbano*: deve-se adotar e aplicar a Lei Federal

n.14.026 de julho de 2020, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, e a Lei Federal n.10.257/2001, denominada Estatuto da Cidade, que estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Nessas políticas devem ser definidas as medidas que normatizam a forma com que os cidadãos se relacionam com o ambiente onde vivem. Nesse caso, os municípios devem criar e fazer cumprir seus planos-diretores, especialmente as diretrizes para drenagem urbana.

– *políticas de gestão de eventos climáticos extremos*: considerando-se que o número de eventos extremos, tanto de precipitações e inundações, como de secas, ondas de calor e períodos de baixa umidade do ar, têm se ampliado, provavelmente por causa de mudanças climáticas provocadas pelo manejo errôneo do ambiente e da ocupação de espaços inadequados, é fundamental que municípios e estados se preparem para enfrentar esses desafios. Além disso, o estabelecimento de políticas voltadas para a gestão desses eventos pode criar estruturas que monitorem e localizem os pontos mais sensíveis aos seus impactos e, dessa forma, antecedê-los e evitá-los ou minimizá-los.

Para Piroli (2016), em *nível de sociedade*, os programas devem ser trabalhados fundamentalmente a partir dos conceitos de educação ambiental e da divulgação de políticas, leis e riscos. Ao mesmo tempo, devem ser desenvolvidos trabalhos voltados para a sensibilização e a conscientização do papel de cada um no contexto ambiental e da necessidade de proteção da água.

Para que isso tome forma e os trabalhos tenham eficácia, considera-se que o manejo da água deva começar com a inclusão da população na discussão e com a tomada de conhecimento de que a água faz parte de um ciclo que não pode ser quebrado. Além disso, é importante que os habitantes de cada microbacia conheçam a realidade da área geográfica onde vivem, sabendo como ocorre o ciclo da água no seu lugar e quais os impactos e as consequências que cada uma de suas atitudes trazem para o ambiente, para a sociedade e para ele mesmo.

Também se deve destacar que as comunidades precisam participar do desenvolvimento de modelos de gestão aplicados às suas realidades. Esses modelos devem se basear no manejo da água e, primordialmente, de sua infiltração. A inserção das comunidades pode ser feita a partir de instituições sociais como escolas, igrejas, clubes e associações, ou via projetos institucionais que levem esses conceitos até o morador de cada microbacia.

6
Gestão de bacias hidrográficas

A gestão de bacias está relacionada ao gerenciamento e à administração que são feitos após o estabelecimento de planos, metas e estratégias definidas na etapa de planejamento. O objetivo é desenvolver as atividades necessárias para a manutenção dos ciclos naturais ocorrentes na área da bacia, recuperando o que for necessário e preservando aqueles que se encontram em equilíbrio. Visa ainda organizar e sistematizar as relações entre as atividades socioeconômicas e dessas com os recursos naturais da área.

Os gestores precisam ter clara visão espacial e temporal da unidade que está sendo gerida, conhecendo todos os seus subsistemas e as questões biofísicas e humanas nela inseridas. A gestão deve considerar a importância do equilíbrio ambiental na área para a produção de água, para que esse equilíbrio permita o desenvolvimento de todas as demais atividades que dependem da água na bacia. Nesse contexto, é preciso adotar medidas de controle e gerenciamento dos recursos naturais, usando modelo de gestão integrado que permita a manutenção dos índices de qualidade e quantidade de todos os bens comuns existentes

na área, especialmente a água, os solos, a flora, a fauna e o clima regional.

A gestão deve considerar a recuperação das áreas e dos elementos naturais degradados, estabelecendo metas e prazos para que isso ocorra. Ao mesmo tempo, deve considerar o arcabouço legal e as normas institucionais existentes e acompanhar suas evoluções ao longo do tempo que durarem as etapas de um determinado projeto.

A gestão de bacias deve buscar o desenvolvimento sustentável que assegure às pessoas que residem na área qualidade de vida no presente e no futuro, considerando as condições ambientais e socioeconômicas e a integração dos diferentes atores na implementação e condução do plano de manejo da bacia.

Um aspecto crucial na gestão de bacias é o monitoramento das condições da bacia e das transformações que ocorrem nela ao longo do tempo. Tanto aquelas oriundas das atividades planejadas e executadas quanto aquelas espontâneas, que não foram planejadas. Cada decisão tomada e cada mudança implantada precisa ser monitorada com intervalos de tempo pré-definidos, para verificação dos resultados. Se necessário, ajustes devem ser feitos para melhorar resultados.

A gestão deve considerar também a Política Nacional de Recursos Hídricos – criada pela Lei n.9.433/1997, que define em seu Artigo 1º, os seguintes fundamentos:

> I – A água é um bem de domínio público;
>
> II – A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
>
> III – Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
>
> IV – A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V – A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI – A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

7
Manejo integrado de bacias hidrográficas

Após planejamento e acompanhado da gestão, deve ser implantado o manejo integrado das bacias hidrográficas. Ele está relacionado à aplicação de técnicas necessárias para a execução das etapas definidas no plano da bacia e nos ajustes necessários ao longo do processo de sua gestão. Esse conjunto de atividades deve ser desenvolvido por técnicos especializados, com participação e apoio da população da área para atingir os objetivos propostos.

O manejo integrado depende de bom nível de conhecimento da realidade da bacia e compromisso com o desenvolvimento das comunidades, para possibilitar a harmonização entre natureza e qualidade de vida, e clareza do conhecimento de recursos e meios adequados, para resolver os problemas-chaves para o bem-estar humano e a manutenção dos recursos naturais.

Depende ainda da existência de mecanismo institucional que permita e garanta as intervenções em favor das entidades sociais e dos recursos naturais, além da capacitação dos profissionais equilibrada em todos os níveis, desde o individual até o organizacional e o institucional.

O manejo integrado de bacias hidrográficas requer valorização de todos os indivíduos que vivem na área, mas sobretudo do produtor e, consequentemente, da área rural, não só como produtora de alimentos e de outros produtos, mas também como fornecedora de água em quantidade e qualidade. Requer também que os recursos naturais sejam utilizados obedecendo a critérios de sustentabilidade, o que demanda a caracterização dos ecossistemas, identificando-lhes potencialidades e limitações.

Exige, sobretudo, a conscientização de que a água é um recurso escasso, de importância vital e estratégica, e deve ser gerida e usada visando ao atendimento dos usos múltiplos na área da bacia, incluindo-se a preservação da natureza e a manutenção do ciclo hidrológico.

O manejo de uma bacia hidrográfica deve partir do arcabouço legal, considerando o planejamento e a gestão dos recursos hídricos estabelecidos com fundamento na Lei Federal Brasileira n.9.433/97 e complementares, e criar estratégias para a implantação das etapas estabelecidas nos planos, com ênfase na água e na relação dela com as comunidades. Recomenda-se para essas tarefas o uso do recorte espacial das microbacias hidrográficas rurais, urbanas e mistas, pois é nelas que a relação entre homem e natureza ocorre de maneira mais próxima e intensa.

Manejo de bacias hidrográficas rurais

O manejo tende a dar melhores resultados quando feito a partir de microbacias hidrográficas. Lembrando-se de que, se todas as microbacias componentes de uma bacia maior forem manejadas integral e adequadamente, o resultado será uma bacia bem gerida e preservada.

Assim, as bacias nas áreas rurais devem ser manejadas de maneira a diminuir o escoamento superficial,

para aumentar as taxas de infiltração, visando à recarga do lençol freático e à manutenção das nascentes – o que consequentemente manterá a perenidade da água dos rios e dos demais corpos hídricos. Esse objetivo de aumento da infiltração e de redução do escoamento superficial pode ser obtido com técnicas de manejo como terraços em nível, conforme Figura 7.1.

Os terraços formam uma barreira física que reduz a velocidade do escoamento superficial, impedindo o surgimento de processos erosivos e evitando a perda da água do sistema. Essa água retida no solo será disponibilizada para as plantas nos períodos entre as precipitações. Isso mantém a produtividade de lavouras e pastos, mantendo boas condições econômicas para proprietários rurais, os municípios e o país.

Figura 7.1 – Terraços em nível, retendo água e forçando sua infiltração

Fonte: arquivo pessoal

Os terraços em nível também devem ser usados para a proteção de nascentes e de corpos hídricos. Nesse caso, devem ser implantados fora das APP, à montante das nascentes e ao longo das margens dos rios (exemplo pode ser visto na Figura 7.2).

Figura 7.2 – Terraços em nível à montante de nascente protegida por mata ciliar

Fonte: arquivo pessoal

Em qualquer situação, a proteção mais eficiente aos corpos de água é dada pela mata ciliar e pelos ecossistemas que ela forma. Ela precisa estar implantada nas margens de rios e ao redor de nascentes para o cumprimento da Lei Federal Brasileira n.12.651/2012 e complementares. Onde não existir, deve ser plantada, pois as raízes de suas árvores dão proteção e estabilidade para os solos das margens, suas folhas e outros pedaços que caem protegem o solo do impacto das gotas das águas das chuvas, reduzindo o salpicamento do solo e o escoamento superficial.

Além disso, as matas ciliares auxiliam na manutenção da integridade biótica e abiótica do sistema, contribuindo para a regulagem do fluxo e da vazão das águas e para a filtragem de substâncias que chegam ao rio, preservando a qualidade de suas águas. Funcionam como corredores ecológicos e abrigo para a fauna silvestre (macro e micro), que desempenha papel importante no equilíbrio dos ecossistemas. A Figura 7.3 mostra exemplo de proteção dada pelas raízes de árvores da mata ciliar ao barranco de um rio.

Nas áreas rurais, os topos de morro também devem ser protegidos, tanto pela determinação legal quanto pela sua importância para a infiltração das águas, uma vez que essas áreas atuam como zonas de recarga. Quando ocorre a retirada da cobertura vegetal nessas áreas sem adoção de técnicas conservacionistas, as chuvas tendem a causar processos erosivos severos em pouco tempo, levando a camada fértil do solo para os pontos mais baixos, empobrecendo o solo e aumentando os processos de assoreamento de nascentes e córregos localizados à jusante. Essa perda de nutrientes, compromete a capacidade produtiva da área

Figura 7.3 – Sistema radicular de árvore mantendo o barranco do rio Miranda (MS)

Fonte: arquivo pessoal

e aumenta a pressão pela abertura de novos espaços para que a produção seja mantida.

Nesses locais, para que a produção continue, há a necessidade de uso de fertilizantes químicos que, além de caros, contaminam o solo e a água, tornando-os estéreis ao longo do tempo. Nesse tipo de situação, com a retirada da vegetação nativa de topos de morros, também é perdida a biodiversidade da área e comprometida a capacidade de infiltração e de armazenamento da água no perfil interno do solo, com consequência para a recarga de nascentes que se localizam no sopé dos morros.

Existem outras práticas de manejo integral que devem ser adotadas nas áreas rurais visando à manutenção da qualidade da água e o aumento de sua infiltração. Entre as mais importantes, podem ser citadas as que seguem.

Práticas de caráter vegetativo

Nessas práticas, busca-se proteger o solo e a água com o uso de plantas, que podem ser distribuídas com diferentes espaçamentos e localizadas em diferentes posições nas bacias hidrográficas e nas áreas de produção. Entre as principais práticas, podem ser destacadas a ampliação dos plantios de espécies arbóreas, que são mais protetoras do solo, e a recomposição das florestas nativas que foram retiradas no processo de ocupação das bacias e das propriedades rurais. Essa recomposição é recomendada para áreas de maiores declividades, encharcadas ou nas quais culturas anuais e pastagens tenham dificuldade em se estabelecer.

Nas áreas de culturas comerciais, essas práticas devem ser adotadas nos períodos do ano em que elas não estão estabelecidas, utilizando-se espécies vegetais com alto poder de cobertura e de proteção do solo, com manutenção da palhada de colheitas (Figura 7.4). Podem ainda

ser adotados sistemas de plantios em faixas com plantas protetoras intercaladas com espécies menos protetoras; e também podem ser utilizados cordões de vegetação permanente e quebra-ventos com determinados espaçamentos para proteger o solo dos ventos e do impacto direto das águas das chuvas, e, consequentemente, proteger as águas.

Figura 7.4 – Cobertura do solo com aveia (esquerda), cobertura morta com palhada de milho (direita)

Fonte: arquivo pessoal

Práticas de caráter edáfico

Essas práticas estão relacionadas à adoção de medidas de controle da erosão e de manutenção da fertilidade do solo nas áreas produtivas. Entre as principais práticas, podem ser citadas a adubação verde (incorporação de plantas verdes ao solo), a fertilização química (em casos específicos onde o solo é muito pobre ou exaurido), a adubação orgânica (que usa esterco de animais, resíduos vegetais e compostagens), o impedimento de incêndios e o controle adequado do fogo (caso esse precise ser usado como técnica de manejo).

Associados a essas medidas, devem ser adotados a rotação de culturas, o preparo mínimo do solo e o plantio direto

das culturas agrícolas, para melhorar a cobertura vegetal do solo e assim protegê-lo (Figura 7.5). Além disso, deve-se manter a estrutura e diminuir a compactação do solo, o que amplia as taxas de infiltração das águas das chuvas.

Figura 7.5 – Plantio direto de soja sobre palhada de aveia

Fonte: acervo pessoal

Práticas de caráter mecânico

Essas práticas usam estruturas artificiais para interceptar e conduzir o escoamento superficial. As mais conhecidas e utilizadas são os terraços em nível nas áreas de plantios e de criação de gado e a distribuição planejada de caminhos e estradas, buscando implantá-los em nível ou então integrá-los aos sistemas de manejo. Nesses casos, ao se adotar elevações em nível nas estradas rurais, por exemplo, integrando-as o sistema de terraços em nível, as águas das chuvas são distribuídas pelos terraços e ficam armazenadas no solo, em vez de restarem concentradas nas margens da estrada, provocando erosões e assoreamentos.

Outra medida de caráter mecânico recomendada no manejo de estradas é a construção de bacias de retenção com determinados intervalos de espaço, minimizando o escoamento superficial concentrado das águas oriundas das estradas rurais e rodovias. Essa prática aumenta a infiltração e reduz a ocorrência de processos erosivos. A Figura 7.6 mostra exemplo dessas bacias.

Figura 7.6 – Bacia de captação de águas oriundas das estradas

Fonte: arquivo pessoal

A Figura 7.6 mostra a mesma bacia em um intervalo de sete dias. Do lado esquerdo, observa-se água acumulada e, do lado direito, a água já infiltrada (parte dela também pode ter evaporado) uma semana depois.

Práticas complementares

Nas áreas rurais, também podem ser adotadas outras técnicas simples que apresentam eficiência no manejo das águas. Dentre elas podem-se destacar os *cordões de vegetação*. Eles melhoram as condições climáticas, reduzem a velocidade do vento, retém a umidade do ar e do solo, aumentam o conforto térmico para animais de

criação, aumentam a infiltração da água e ainda fornecem matéria-prima para atividades que necessitam de madeira na propriedade ou de outros produtos que as espécies implantadas possam gerar, como frutos, folhas e flores, com potencial para gerar renda para os proprietários. Os cordões de vegetação ocupam pouca área e trazem grandes benefícios, pois podem ser implantadas ao longo de caminhos cercas divisórias internas em propriedades e também nas divisas dessas com propriedades vizinhas, como na Figura 7.7.

Figura 7.7 – Cordão de vegetação

Fonte: acervo pessoal

Outras técnicas que podem ser adotadas são os *sistemas de produção integrados*, como os sistemas agroflorestais, silvipastoris ou ambos, buscando-se a integração entre lavoura, pecuária, floresta. Nesses sistemas, as áreas de produção rurais podem ter plantios de culturas anuais, como arroz, milho, mandioca, feijão etc., integrados a espécies arbóreas plantadas com espacejamento entre elas que permita o uso de máquinas para os tratos culturais ou

o fornecimento de luz natural para o cultivo. Essa integração pode ser feita no primeiro ou nos primeiros anos, dependendo da velocidade de crescimento da espécie arbórea, da largura entre as árvores e do seu potencial para sombreamento das culturas anuais. Em seguida, a pastagem pode ser introduzida na área (Figura 7.8).

Figura 7.8 – Sistema silvipastoril com eucalipto e pasto

Fonte: acervo do autor

O capim pode ser plantado nos espaços entre as árvores, transformando a área em produtora de animais de corte, de madeira e de outros produtos florestais. Esse sistema, embora normalmente implantado em pequenas propriedades, também pode ser adotado em grandes áreas de produção. Ele traz como benefícios: aumento da produtividade por área; redução dos riscos de perdas econômicas pela variação da produção; melhora do microclima e consequente conforto dos animais, que passam a produzir mais; melhor aproveitamento das fertilizações; ciclagem de nutrientes via extração profunda pelo sistema radicular

das árvores e acúmulo deles na superfície pelo depósito de folhas e cascas; aumento nas taxas de infiltração da água; e possibilidade de ganhos extras, por exemplo, com a criação de abelhas ou a utilização de espécies frutíferas arbóreas intercaladas com as espécies produtoras de madeira.

Recomenda-se que todas as propriedades rurais, mesmo as grandes, reservem parte de suas áreas de produção para implantação de sistemas agroflorestais ou silvipastoris pelos benefícios ambientais (e financeiros) tanto para o proprietário como para a natureza.

Nas áreas rurais se deve ainda fazer o manejo e o tratamento adequado dos resíduos sólidos (preferencialmente encaminhando-os para a reciclagem), dos efluentes e dos produtos químicos tóxicos, visando à proteção das águas. Os efluentes podem ser gerenciados a partir de técnicas de dissolução ou de inserção no solo, em locais distantes dos reservatórios de água, incluindo da água subterrânea. Os produtos químicos devem ser aplicados observando-se as normas técnicas e sempre preocupando-se com a proteção das águas. As embalagens dos produtos químicos devem ser enviadas para os locais de coleta, atualmente disponíveis na maior parte dos municípios do país. Onde esses locais de coleta não existirem, os responsáveis devem acondicioná-las adequadamente em locais protegidos para impedir que sejam utilizadas inadvertidamente ou que contaminem a natureza.

É importante que o produtor e o morador das áreas rurais participem ativamente desses sistemas de gestão, pois, caso não existam ou sejam malconduzidos, os riscos para as pessoas, os animais e o ecossistema se tornam grandes e a probabilidade de ocorrência de desastres se amplia consideravelmente.

Técnicas para manejo das águas em propriedades rurais

Além das práticas indicadas, sugere-se a adoção de algumas técnicas que auxiliam o manejo. Elas partem do princípio de que as bacias hidrográficas são totalmente (ou quase) ocupadas por propriedades rurais. Nesse sentido, se todos os proprietários estiverem cientes da importância de ações corretas de manejo, certamente o ambiente se torna mais equilibrado, protegido e, sobretudo, mais produtivo, pois uma propriedade com solos e águas bem manejadas proporciona colheitas mais abundantes, animais mais saudáveis e proprietários mais realizados financeiramente e com a sensação do dever cumprido com sua comunidade, com seu planeta e, especialmente, com sua família e o futuro dela.

Além disso, devem ser desenvolvidas políticas para incentivar o uso múltiplo das propriedades rurais, focando especialmente na diversificação de fontes de renda e na proteção dos solos, das águas e dos demais componentes da natureza. Algumas atividades recomendadas são a produção de madeira, lenha, produtos florestais não madeireiros, fruticultura, piscicultura, olericultura, apicultura, ou atividades de ecoturismo e turismo rural. Uma estratégia interessante para propriedades maiores é a implantação de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), área destinada à conservação natural, que permite ao proprietário a redução de impostos e a possibilidade de recebimento de outros incentivos.

No caso de esgotos, estercos e outros dejetos, o ideal é que não sejam produzidos e nem despejados diretamente dentro dos corpos de água ou próximo deles. O correto é levar esses materiais para pontos mais altos do relevo e despejá-los em áreas distantes do lençol freático e dos cursos hídricos, para que possam infiltrar no solo

e ser filtrados ao longo de seu deslocamento, conforme mostra a Figura 7.9.

Figura 7.9 – Esgoto e outros dejetos sendo bombeados para pontos mais altos.

Fonte: reprodução

Com relação às criações de animais, o ideal é que não tenham acesso direto aos corpos de água, tanto para sua própria proteção quanto para evitar contaminações, destruição de barrancos e de regeneração de vegetação arbórea juvenil. Para isso, podem-se implantar desvios de água por meio de regos ou valetas ou usar ainda mangueiras e canos. Nesse caso, além da possibilidade de retirada da água por desnível, também podem ser utilizadas bombas hidráulicas, rodas de água ou carneiros hidráulicos. Uma fonte de energia atualmente interessante para movimentar as bombas hidráulicas é a fotovoltaica, cujos painéis podem ser implantados próximos aos locais de uso.

Visando ao aumento da proteção das águas, também se recomenda o uso de pontes sobre córregos e riachos para que o gado não atravesse pela água, degradando-a. Outra

maneira de proteger corpos de água é a adoção de gabiões em locais onde o fluxo das águas naturalmente ou em períodos de cheias é forte e destrói as margens. Essas estruturas protegem os barrancos, mantendo o leito dos rios e os reservatórios em condições ideais, reduzindo processos erosivos e de assoreamento.

Nas estradas rurais, além das bacias de captação e das barragenzinhas ao longo de seu leito, também podem ser implantadas línguas de borracha parcialmente enterradas com determinados intervalos para que a velocidade de escoamento da água superficial seja reduzida e parte da água superficial seja direcionada para as margens, em locais previamente preparados para seu recebimento.

Manejo de bacias hidrográficas urbanas

Atualmente a maior parte das áreas urbanas do país e do mundo concentra e enfrenta grandes quantidades de problemas ambientais, em especial aqueles relacionados à água. Da contaminação dos corpos de água à escassez dela para atendimento da população, passando pela falta de conhecimento de seus ciclos e de métodos de gestão adequados, os problemas ambientais são uma constante.

Nesse contexto, o manejo das águas nas áreas urbanas deve receber atenção especial e seguir as seguintes etapas fundamentais.

Diagnóstico das condições atuais e anteriores

Nessa etapa, é preciso identificar dados sobre o sistema natural de drenagem das águas, as interferências que ocorreram na bacia e na drenagem, a forma como edificações e pavimentações foram executadas e se houve

preocupação com deflúvios superficiais ao longo da evolução dos núcleos urbanos.

Também é preciso buscar os planos de gestão ou de manejo ambiental do município, incluídos no plano diretor da cidade ou nos planos de macrodrenagem, caso existam.

Diagnóstico das condições físicas, biológicas, sociais e econômicas

Nessa etapa, devem ser caracterizadas as condições físicas, biológicas, sociais e econômicas, mapeando suas localizações por bacias ou microbacias hidrográficas. As características físicas correspondem ao clima, ao solo, aos corpos de água, ao relevo e à geologia. As características biológicas se referem à vegetação (nativa e exótica) e à fauna (macro e micro). As características sociais estão relacionadas ao nível educacional, à estratificação social, ao tipo de moradias, à existência ou não de organização da comunidade (no caso de existir, caracterizá-la), à existência ou não de infraestrutura de serviços comunitários e ao sistema político-administrativo adotado em cada cidade.

O diagnóstico das condições econômicas deve considerar todos os aspectos econômicos de cada microbacia componente de uma determinada área urbana, com ênfase nos modos de ocupação do espaço, no tamanho das propriedades, no nível de consumo dos moradores e no seu potencial de geração de resíduos, na existência de coleta seletiva de resíduos sólidos e de projetos de compostagem e de geração de renda, e no número e tipo de construções (residencial, comercial, industrial, de serviços).

Diagnóstico das diretrizes ambientais estabelecidas pelo Poder Público

Nessa fase do trabalho, devem ser analisadas as diretrizes nacionais, estaduais e municipais adotadas nas áreas urbanas, verificando sua eficácia na aplicação e no cumprimento por parte da comunidade, dos gestores municipais e dos corpos técnicos das prefeituras.

Diagnóstico dos impactos ambientais

Nessa etapa, avaliam-se os impactos ambientais existentes nas microbacias urbanas, identificando suas origens e apontando as soluções para cada caso. Também devem ser estabelecidos cronogramas e sistemas de monitoramento dos impactos e da forma com que são conduzidos, verificando-se o resultado das medidas adotadas para a solução de cada problema.

Diagnóstico dos sistemas de participação comunitária

Nesse diagnóstico devem ser estudadas e avaliadas as formas de participação da comunidade nas tomadas de decisão e nas implantações dos sistemas de gerenciamento e de manejo das águas nas áreas urbanas. Isso é fundamental para que a população compreenda as diferenciações nas zonas de ocupação e a necessidade de ordenamento do uso dos recursos naturais. É importante também para que as pessoas se sintam parte do problema e da solução, podendo, assim, contribuir para a busca de um ambiente melhor para todos.

Proposição e criação de dispositivos legais e administrativos

Depois da elaboração desses diagnósticos, devem ser propostas a criação ou a adequação de mecanismos legais que possibilitem a operacionalização dos sistemas de gestão e de manejo das águas, sua manutenção, fiscalização, e o monitoramento das condições ambientais. Esses dispositivos devem prever ainda sistemas de acompanhamento das condições naturais e das interferências antrópicas e dos riscos a elas associados.

Proposição de sistemas para aproveitamento total das águas

Também devem ser criadas políticas de incentivo à coleta e ao uso da água das chuvas, e de implantação de dispositivos de recarga dos aquíferos, usando áreas de quintais, praças, calçadas e estacionamentos. Além disso, devem ser desenvolvidas técnicas para o reuso das águas e de tratamento dos efluentes gerados nas áreas urbanas.

Monitoramento e manutenção

Essa é uma etapa muito importante, pois o monitoramento dos resultados da manutenção dos sistemas permite identificar suas falhas e fraquezas e adotar medidas mitigadoras ou corretivas. A inspeção e o monitoramento das estruturas e a avaliação das medidas adotadas devem ser realizadas em determinados intervalos de tempo e, quando necessitarem de reformas, adequações ou atualizações, essas devem ser providenciadas.

Muitos membros da população, bem como da gestão pública, ainda acreditam que métodos e técnicas alternativos são mais trabalhosos, mais caros e podem não dar certo, optando pelas mesmas formas de construção e de gestão de sempre. Observa-se, porém, que calçadas convencionais, quintais cimentados e praças e jardins impermeabilizados também precisam de manutenção. Além disso, os sistemas de gestão comumente usados não oferecem resultados adequados. As consequências dos métodos tradicionais de gestão e de intervenção são conhecidas e podem ser acompanhadas nos noticiários toda vez que chove nas áreas urbanas. Cabe, então, uma pergunta: há alguma possibilidade de se obter resultados diferentes se o método de enfrentamento dos problemas continua sendo o mesmo?

Nas áreas urbanas, para evitar a impermeabilização e a compactação, é possível incentivar o aproveitamento dos espaços ociosos para produção de alimentos e plantas medicinais ou para implantação de jardins (inclusive os filtrantes). Em muitas cidades, existem vastas extensões de terra não aproveitadas, incluindo terrenos públicos e privados, que servem apenas para criação de animais peçonhentos e mosquitos (incluindo o *Aedes aegypti*).

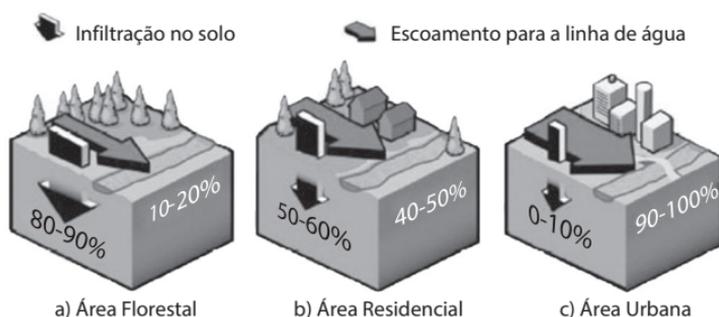
Nesses locais podem ser desenvolvidos projetos de hortas comunitárias para a produção de alimentos. Embora para essas produções também exijam irrigação, o alimento produzido pelo próprio consumidor demanda menos água do que aquele produzido em larga escala, que contabiliza grande perda de água e precisa ser transportado por meios que também consomem água em todas as suas etapas. Além disso, o ato de envolver a comunidade no gerenciamento de um espaço que pode ser de todos e que tem potencial para ser produtivo reaproxima as pessoas umas das outras e da natureza e abre caminhos para o aprofundamento de projetos de

sensibilização e de educação ambiental, especialmente os de manejo das águas.

E, como cereja do bolo, áreas mantidas com plantas permitem a infiltração de volumes consideráveis de água das chuvas, que, além de recarregarem o lençol freático e aumentarem a umidade do solo, ainda deixam de causar enxurradas e inundações.

Técnicas para manejo das águas em propriedades e áreas urbanas

Considerando-se que a urbanização do território das bacias hidrográficas traz mudanças profundas nas taxas de infiltração das águas das chuvas, conforme pode ser visto na Figura 7.10, propõem-se algumas técnicas para redução dos impactos da impermeabilização e do aumento da infiltração.

Figura 7.10 – Alterações hidrológicas consequentes do crescimento urbano

Fonte: reprodução

Tamanho mínimo para terrenos

Levando-se em conta que há um espaço mínimo que deve ser respeitado para atender às necessidades básicas de

moradia e que, ao mesmo tempo, um terreno deve manter percentual de área permeável para reter temporariamente as águas pluviais e aumentar sua infiltração no subsolo, considera-se que, do ponto de visa ambiental, não devem ser autorizados loteamentos com terrenos muito pequenos. Assim, o ideal é que terrenos em áreas urbanas ocupem uma área mínima superior a 300 m² de superfície, com metade do lote, em qualquer condição, destinado à cobertura permeável (grama, jardins, pomares, pedrisco, calçadas vazadas, materiais porosos etc.). A Figura 7.11 mostra exemplo de duas condições urbanas em uma mesma cidade no interior de São Paulo.

Figura 7.11 – Imagens de áreas urbanas: à esquerda, bairro popular com terrenos menores; à direita, bairro de classe média-alta com terrenos maiores

Fonte: reprodução

A Figura 7.11 mostra as diferenças entre um bairro com terrenos com área aproximada de 200 m^2 e outro com terrenos medindo em torno de 400 m^2. É possível observar que, nos terrenos menores, há pouco espaço livre para a água das chuvas infiltrar. Nos terrenos maiores, ainda que bastante construídos, pode-se observar que existem áreas permeáveis que contribuem para a infiltração de parte de água das chuvas, reduzindo o escoamento superficial e a perda de água do sistema.

Estruturas para armazenamento de parte da água das chuvas

Recomenda-se que as construções em áreas urbanas implantem sistemas de coleta de água das chuvas (Figura 7.12) para que ela não escorra superficialmente e possa ser aproveitada nas atividades diárias nos períodos entre as precipitações. Essa ação diminui a magnitude e a frequência das inundações durante as chuvas e reduz a necessidade de transportar água de longe para atender à demanda da população. Deve-se atentar para que esses sistemas sejam fechados para evitar a proliferação de mosquitos.

Figura 7.12 – Sistema de coleta de água das chuvas

Fonte: arquivo pessoal

Jardins filtrantes

São estruturas que podem ser implantadas em quintais, calçadas, canteiros centrais de ruas e avenidas, em praças e em outros espaços disponíveis. São espaços preparados para armazenamento temporário de parte das águas superficiais, com indutores de infiltração, e cobertos por plantas paisagísticas (Figura 7.13).

Figura 7.13 – Jardim filtrante

Fonte: reprodução

Pavimentos permeáveis

Esses calçamentos podem ser implantados em pátios de casas, praças, estacionamentos de empresas, shoppings centers e supermercados, locais que comumente são grandes contribuintes para o acúmulo e a concentração de água na superfície. No caso da adoção desse tipo de calçamento, é necessário que seja implantado sistema de proteção abaixo dele para evitar que ocorram ondulações e para a manutenção da fertilidade do solo e da qualidade da grama ali introduzida (Figura 7.14).

Figura 7.14 – Calçada permeável em quintal de igreja em Salto Grande (SP)

Fonte: arquivo pessoal

Calçada permeável

Também chamada de calçada verde ou ecológica, a calçada permeável é caracterizada pelos caminhos asfaltados ou concretados apenas no centro ou em uma das bordas, mantendo a maior parte da área permeável. Esse tipo de pavimento, além de favorecer a infiltração da água das chuvas e de reter os excedentes por períodos maiores, ainda embeleza as ruas, deixando-as menos frias e mais aconchegantes. A Figura 7.15 apresenta exemplo desse tipo de calçada.

Figura 7.15 – Calçada verde (ecológica) na cidade de Ourinhos (SP)

Fonte: arquivo pessoal

Pisos permeáveis

São pavimentos feitos com materiais porosos, que permitem a passagem da água, favorecendo a infiltração e reduzindo o escoamento superficial. Existem atualmente várias marcas no mercado e a tendência é que as opções aumentem nos próximos anos.

Bacias de infiltração

Essas estruturas podem ser instaladas em áreas públicas, como praças, parques, canteiros centrais de grandes

avenidas e em outros locais que as comportem. Têm a finalidade de reter parte da água precipitada e de aumentar as taxas de infiltração. Nesse sistema se faz uma escavação na área de interesse, com dimensões adequadas ao volume de água precipitado na bacia de captação, considerando o escoamento superficial das ruas, calçadas e outras áreas impermeabilizadas que contribuem para a concentração da água na superfície. Recomenda-se que no fundo das bacias sejam feitos poços para aumentar a área de infiltração das águas.

Esses locais podem ser mantidos com grama plantada no fundo e inclusive ser usados como áreas de prática de esportes quando não estiverem cheios de água (Figura 7.16). Também podem ser preenchidos com camadas de pedras de tamanhos maiores na base e menores em cima, cobertas por uma camada de areia grossa que permita a prática de esportes como vôlei ou futebol de areia nos períodos em que não houver água acumulada. Esse tipo de estrutura pode ser implantado de modo isolado ou em grupos. No caso de grupos, tende a aumentar sua eficiência.

Reforça-se a importância de dimensionar as bacias de infiltração de acordo com o volume de água que se quer reter e/ou infiltrar. Deve-se evitar implantar esse tipo de estrutura próximo a prédios ou construções sem uma análise feita por profissionais habilitados, pois pode afetar as estruturas de sustentação dos edifícios.

Em qualquer das estruturas recomendadas neste capítulo, deve-se prever o escoamento da água excedente. Por elas terem limites de armazenamento, a sobra de água decorrente de precipitações muito volumosas vai continuar escoando superficialmente e seguindo o caminho que as águas já seguiam antes da implantação das estruturas.

Figura 7.16 – Bacia de infiltração e contenção em Guimarães (Portugal)

Fonte: reprodução

Valos de infiltração

Também chamadas de trincheiras de infiltração, são estruturas geralmente implantadas paralelamente a ruas, estradas e avenidas ou ao lado de estacionamentos e próximas de conjuntos residenciais. Sua finalidade é concentrar as águas que vêm das áreas próximas e aumentar sua infiltração. Podem, também, armazenar e/ou transportar a água para outros dispositivos de drenagem. Da mesma forma que as bacias de contenção e infiltração, podem ter sua função potencializada se forem implantadas estruturas que aumentem a infiltração, como tubos profundos ao longo da vala (exemplo na Figura 7.17).

Figura 7.17 – Valo de infiltração

Fonte: reprodução

Poços de infiltração

Feitos a partir de escavações, que podem ser cilíndricas, quadradas ou retangulares, esses poços podem conter estruturas de suporte e ser preenchidos com pedras para manter sua forma. Esses poços podem ser construídos isoladamente ou em grupos, com vários deles conectados entre si. Seu tamanho e número podem variar de acordo com a área de captação e a necessidade de armazenamento. Nesses poços, quando ocorrem as chuvas, parte da água fica armazenada, enquanto outra parte infiltra na base e nas laterais. Toda água que infiltrar e que não esteja excessivamente contaminada com produtos químicos é purificada ao longo do seu deslocamento nas camadas internas do solo (Figura 7.18).

Figura 7.18 – Representação de poço de infiltração (trincheira drenante)

Fonte: reprodução

Destaca-se que as camadas mais profundas do solo tendem a ser menos compactadas que a superfície, o que facilita a infiltração dos volumes de água direcionados ao poço. Além disso, caso ele esteja cheio, basta deixar a água escoar, pois de qualquer forma ela estaria sendo perdida

se não houvesse os poços. Outro aspecto importante é que essas estruturas, como todas as demais construídas pelos seres humanos, também precisam de manutenções periódicas para manter seu pleno funcionamento.

Além desse conjunto de estruturas, é importante que nas áreas urbanas seja feita a manutenção das matas ciliares ao redor dos corpos de água e das nascentes e ao longo dos córregos e rios, para preservar esses ecossistemas, permitindo a procriação de espécies da fauna que controlam a proliferação de vetores de algumas doenças, como os mosquitos. As matas ciliares também são fundamentais como barreiras para a chegada das águas contaminadas das ruas e dos materiais sólidos por elas transportados no leito dos rios, contribuindo desta forma para a limpeza destes e de suas águas.

Arborização urbana

Um componente fundamental para o equilíbrio ambiental e para a qualidade de vida da população de áreas urbanas, a arborização também contribui significativamente para o manejo das águas pluviais. Ao sombrear as superfícies, reduz a emissão de calor e mantém a temperatura menor, o que influencia na umidade do ar. Ao mesmo tempo, suas raízes trazem água das camadas mais profundas do solo, e suas folhas, a partir dos processos fisiológicos, liberam essa água no ar, na forma de umidade.

O ar mais úmido e menos quente oferece condições ambientais mais adequadas para as pessoas, reduzindo inclusive a necessidade do uso de ar-condicionado, que, além de gastar energia elétrica (oriunda dos reservatórios de água), retira umidade do ar, ressecando-o e aumentando a temperatura das áreas próximas aos equipamentos. Esse processo, multiplicado por milhares ou milhões, contribui para a formação das ilhas de calor nas áreas urbanas.

As árvores urbanas também filtram o ar e retêm parte da água das chuvas, auxiliando na infiltração delas no solo e reduzindo os impactos das enxurradas, principalmente as dos períodos iniciais das precipitações. Nesse contexto, um bom plano de manejo integrado de bacias hidrográficas deverá considerar em seu bojo arborizações urbanas feitas com as espécies adequadas, tanto nas áreas públicas quanto nas áreas particulares. A Figura 7.19 mostra o exemplo de quintal impermeabilizado que foi trabalhado para se tornar permeável e o resultado posterior.

É possível perceber que a grama, as flores e as árvores criam um ambiente mais agradável e menos árido do que o concreto. Além disso, se considerarmos que as taxas médias de precipitações anuais em Ourinhos (SP), local dessa adequação, variam em torno de 1.350 mm por ano (ou seja, caem em média 1.350 litros de água por metro quadrado ao longo do ano), esse pequeno ajuste na cobertura do solo de 20 m^2 pode evitar o escoamento superficial de 27 mil litros de água por ano (20 x 1.350 = 27.000).

Pode-se ainda dizer que esse pequeno ajuste contribuiu com a recarga de 27 mil litros de água no lençol freático local. Isso significa a manutenção de aproximadamente 74 litros de água por dia no sistema local. Água que, além de recarregar o lençol freático, abastecerá as plantas do local, manterá taxas de umidade do solo mais adequadas e consequentemente gerará um microclima mais confortável para os moradores da casa.

Ao mesmo tempo, a sombra das plantas dessas áreas reduz as taxas de incidência da radiação solar sobre o local, reduzindo a ilha de calor. Se essa medida fosse adotada por todas as moradias de uma cidade, as condições ambientais melhorariam significativamente.

Figura 7.19 – Trabalho de permeabilização do solo em quintal residencial em Ourinhos (SP)

2013

2018

Fonte: arquivo pessoal

Se considerarmos que numa cidade com cem mil domicílios todos mantivessem áreas permeáveis como essa (20 m^2), teríamos dois milhões de metros quadrados permeáveis e poderíamos ter a infiltração de até 2,7 bilhões de litros de água, se as chuvas forem de valores próximos a 1.350 mm e bem distribuídas ao longo do ano. E essa água não escoaria superficialmente, não sendo perdida, nem causando enxurradas e inundações.

Aqui devemos lembrar que muitas cidades têm em seus planos diretores a previsão de manutenção de áreas permeáveis. Mas, especialmente no estado de São Paulo, as dimensões dessas áreas em muitos casos são desconhecidas ou desconsideradas pela maioria da população

Figura 7.20 – Tubulação rompida lançando efluentes a céu aberto em Marília (SP)

Fonte: acervo pessoal

Figura 7.21 – Despejo de esgoto em córrego na área urbana de Ourinhos (SP)

Fonte: acervo pessoal

Gestão dos resíduos sólidos e dos efluentes

Ao se tratar de técnicas de manejo das águas em áreas urbanas, é fundamental considerar aquelas águas que são utilizadas no dia a dia da população. Assim, é necessário lembrar que as águas devem estar em condições adequadas para uso, e que o tratamento dela, dependendo das condições, pode ter um custo bastante elevado.

Para que todas as atividades que demandam água de uma bacia hidrográfica a tenham em condições adequadas, é importante que o manejo integrado das águas considere a geração e a destinação de resíduos, tanto os sólidos como os líquidos. E, nesse contexto, é preciso que sejam implantados sistemas de coleta e reciclagem de resíduos sólidos, bem como sejam desenvolvidas campanhas para redução da geração deles.

Entre os resíduos sólidos, deve-se considerar o tratamento daqueles orgânicos, que podem ser compostados e transformados em adubos, gerando renda para a população em vez de ser descartado e contaminar o ambiente.

Da mesma forma, os efluentes gerados nas áreas urbanas devem ser tratados antes de voltarem aos corpos de água. Esse é um dos maiores desafios da gestão de recursos hídricos, uma vez que a maioria dos municípios brasileiros ainda não tem projetos eficientes de tratamento integral de resíduos líquidos. Mas é urgente que todos desenvolvam políticas nessa direção por causa dos impactos cada vez maiores desses rejeitos nos recursos hídricos, que tem se tornado cada vez mais escassos. O Marco Legal do Saneamento Básico (Lei n.14.026 de julho de 2020) deve ser compreendido e implantado pelas prefeituras e usuários rapidamente, visando à redução de situações como as mostradas nas figuras 7.20 e 7.21.

Embora nas áreas rurais o volume de resíduos e efluentes seja em geral menor, elas também precisam de planejamento,

gestão e manejo eficaz desses materiais, pois, somando-se pequenas áreas contaminadas por toda área das bacias, pode-se chegar a grandes comprometimentos ambientais.

Um outro aspecto crucial nas áreas urbanas brasileiras é a má gestão das águas captadas no ambiente e tratadas para atendimento à população. Em muitos casos, as perdas dessas águas, que tiveram custos elevados para serem captadas e tratadas, são altas e os prejuízos financeiros, imensos. Além deles, há ainda os prejuízos ambientais, pois as águas perdidas precisam ser substituídas, aumentando a retirada dos mananciais e comprometendo ainda mais ecossistemas que naturalmente já são frágeis.

Mudanças no uso da terra em bacias hidrográficas e impactos sobre as águas

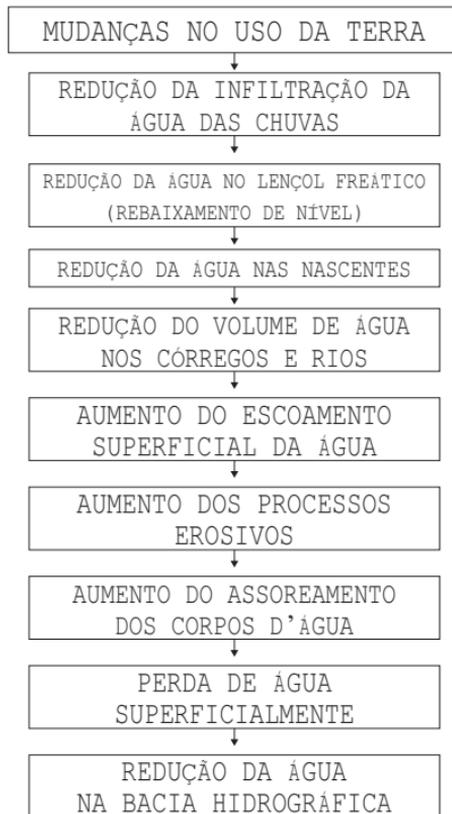
Mudanças no uso da terra ocorrem quando a cobertura original do solo é substituída por usos antrópicos. Desde o início do processo de ocupação do território brasileiro, a vegetação nativa, predominantemente composta por florestas, foi substituída gradativamente por pastagens e por agricultura. Nos primórdios de nossa história, a agricultura era bastante incipiente, feita basicamente em roçados: a floresta era derrubada, algumas árvores de maior porte eram usadas para produção de madeira e o restante do material era queimado para permitir o plantio de sementes de espécies agrícolas anuais.

Com o avanço no desenvolvimento de máquinas e equipamentos para uso na agropecuária, o processo de exploração da terra se acelerou e as áreas rurais foram ampliadas, especialmente ao longo do século XX. As áreas urbanas também cresceram nesse século, com consequente ampliação das estruturas de transporte. Com essas mudanças, surgiram alterações no regime hídrico de

bacias hidrográficas e variações no fluxo de água de suas nascentes, córregos e rios, decorrentes, em especial, das mudanças nas taxas de infiltração das águas pluviais.

Nesse contexto, as mudanças ocorridas no uso da terra têm deixado solos cada vez mais desprotegidos pela retirada da vegetação nativa e águas cada vez mais concentradas na superfície. Isso tem comprometido a recarga do lençol freático e, consequentemente, deixado menos água disponível para as atividades produtivas, sociais, culturais e econômicas. A Figura 7.22 mostra a sequência dos processos ocorridos após a intensificação nas mudanças no uso da terra.

Figura 7.22 – Sequência dos efeitos nas mudanças no uso da terra

Fonte: elaborada pelo autor

8
Recomendações

No que se refere ao manejo, à gestão e ao planejamento de bacias hidrográficas, é fundamental que se busquem, após os estudos efetuados nesses territórios, atender à adequações nos usos da terra, nas infraestruturas, no atendimento à legislação, na localização das reservas legais, no aumento das áreas cobertas por culturas perenes (florestais, frutíferas), no aumento das taxas de infiltração da água, na implantação ou melhoria dos sistemas de conservação e na minimização de áreas de conflito de uso.

Dessa forma, o *poder público* deve:

- gerir/manejar os recursos naturais,
- criar e fazer cumprir leis,
- orientar a população,
- permitir a ocupação de áreas adequadas.

Ou seja, deve *PLANEJAR*

Deve ainda trabalhar:

- com a população das bacias, sub-bacias e microbacias, os conceitos de proteção da vegetação, uma vez que esta protege o solo, a água, a fauna e o ar;

- a importância da infiltração da água no solo e buscar a diminuição da impermeabilização das áreas urbanas, tanto públicas quanto privadas;
- a responsabilidade socioambiental da população, uma vez que as atitudes (ou a falta delas) de cada um geram o ambiente comum;
- a ideia de que a riqueza coletiva (ambiente equilibrado, cidade limpa, sem deslizamentos, sem inundações, com menos doenças) é um bem maior do que o enriquecimento financeiro individual;
- a importância do solo para a população e as perdas socioambientais que a degradação dele traz para uma comunidade;
- a importância da proteção da fauna silvestre para a preservação da biodiversidade, uma vez que seu desaparecimento trará prejuízos irreversíveis a longo prazo;
- a importância do ar e os prejuízos causados pela poluição dele;
- a divulgação de informações para toda a comunidade, mostrando a importância de cada componente do ecossistema regional, e os prejuízos que a degradação de cada um provoca;
- essas informações direcionadas para diferentes setores de uma bacia, dando enfoque às atividades nela desenvolvidas (rural, urbano, industrial, geração de energia).

Mas não só o poder público tem obrigações. A *sociedade* também precisa:

- cobrar ações do poder público;
- fazer sua parte:
    - economizar (água, energia, alimentos...);
    - reutilizar materiais;

- reciclar: resíduos sólidos (novos produtos), resíduos orgânicos (compostagem, adubos) e resíduos líquidos (tratamento, reúso);
- não impermeabilizar todo quintal;
- coletar água das chuvas;
- gerar energia fotovoltaica;
- saber de onde vêm os produtos e quais os custos socioambientais para sua produção.

Ao poder público e à sociedade, ficam os compromissos de seguir os três princípios básicos descritos na Figura 8.1 para evitarem os processos nela representados.

Figura 8.1 – Três princípios básicos do manejo ambiental

JAMAIS:

1. Concentrar água em um único ponto ou região.
2. Permitir a impermeabilização total de qualquer terreno.
3. Canalizar completamente córregos e rios.

Fonte: elaborada pelo autor

Considerações finais

A sensação de que a água é abundante e infinita no Brasil orientou as decisões relativas às políticas de ocupação do território. Ao longo dos primeiros cinco séculos de nossa história, pouco se fez de efetivo para a proteção da água e do seu território superficial, as bacias hidrográficas. As primeiras ações nessa direção surgiram ainda no início do século XX, mas tiveram pouca efetividade.

A partir da década de 1960, com o Novo Código Florestal, a preocupação com as questões ambientais aumentou. Ao longo das décadas de 1970 e 1980, alguns acontecimentos mundiais refletiram no Brasil e aceleraram as discussões sobre a temática ambiental. Mas somente na década de 1990 foi que as legislações voltadas para a proteção efetiva das águas se tornaram mais abundantes e focadas no planejamento, na gestão e no manejo dos recursos hídricos e das bacias hidrográficas.

A partir de 1997, com a Lei n.9.433, também chamada de Lei das Águas, que definiu a bacia hidrográfica como a unidade para a gestão dos recursos hídricos, é que as bacias hidrográficas passaram a ter papel relevante como unidade de gestão. Mesmo nesse contexto, ainda há

considerável desconhecimento da maioria da população sobre a importância do planejamento, da gestão e de técnicas de manejo para preservação do equilíbrio ambiental em bacias hidrográficas, sobretudo para manutenção dos volumes de água ao longo de todos os meses do ano.

Dessa forma, ainda ocorrem superutilização dos solos e das águas, o que degrada esses recursos naturais e traz prejuízos para toda a comunidade, além dos prejuízos para os ecossistemas, que muitas vezes são irreversíveis. Na escala econômica, os prejuízos decorrentes da degradação do solo e da água afetam sobretudo os pequenos agricultores, que muitas vezes descapitalizados, despreparados e desassistidos acabam por abandonar suas atividades. Como consequência, deixam de produzir alimentos e outras matérias-primas e passam a engrossar as fileiras de desempregados ou subempregados urbanos.

Mas a degradação dos solos e das águas não afeta apenas aqueles que vivem ou dependem diretamente das atividades agropecuárias. Afeta a economia do país, especialmente no caso do Brasil, um país cuja base econômica se alicerça na agropecuária. Dessa forma, quando uma área de produção, componente de uma bacia hidrográfica não manejada, é degradada, o agricultor perde, a natureza perde, e os demais cidadãos do país também perdem. Da mesma maneira, a população urbana, especialmente a mais desamparada, paga altos preços pela falta de planejamento, gestão e manejo e pelas consequências desta falta.

Esses processos não eram visíveis há até poucas décadas, pois o país ainda tinha muitas frentes produtivas para abrir. No entanto, com o passar do tempo e com solos sendo exauridos há décadas, os resultados passam a se tornar cada vez mais evidentes. Regiões onde as colheitas eram fartas, e os produtos, baratos para os consumidores têm tido suas produções mantidas à custa de muito investimento em agroquímicos, com a consequente elevação

dos preços para os consumidores e impactos ambientais, inclusive sobre a água.

Outra consequência da falta de planejamento, gestão e manejo dos recursos naturais nas bacias hidrográficas que tem sido cada vez mais preocupante é a redução das águas disponíveis. Primeiro surgiram os sinais do estresse hídrico superficial. Para solucionar a questão, muitas prefeituras e cidadãos passaram a perfurar poços profundos. Mas esses também já dão sinais de estresse em várias regiões, pois sua recarga é lenta e não acompanha a velocidade com que suas águas são extraídas.

Ao mesmo tempo, as águas superficiais, reduzidas pela falta de recarga do lençol freático, têm sido cada vez mais contaminadas e poluídas, o que compromete sua qualidade, dificulta e encarece seu uso. E essa situação tornou corriqueiro nos últimos anos o uso de termos como crise hídrica, escassez e conflitos pelo uso da água.

É importante destacar aqui outro tipo de problema que tem se intensificado nos últimos anos, com potencial para degradar ainda mais solos, águas, ecossistemas e condições de vida das pessoas: é o fogo nos incêndios e nas queimadas.

Há até bem pouco tempo, grandes incêndios em áreas naturais eram exclusividade de regiões semiáridas do planeta ou dos nossos cerrados (onde o fogo sempre ocorreu naturalmente). Hoje, são cada vez mais comuns em nossas paisagens e têm provocado impactos consideráveis, com morte de plantas e animais, incluindo a microfauna do solo. Além disso, o fogo resseca a camada superficial do solo, retirando-lhe a água e ressecando também o ar. Esse ar seco retira água do solo, das plantas e do próprio ar de regiões vizinhas para alcançar o equilíbrio em sua umidade. Isso aumenta ainda mais a secura do ambiente e potencializa a ocorrência de outras queimadas, em um processo cada vez mais destruidor.

Como os problemas se avolumam e intensificam, é necessário que ações sejam adotadas para reverter esse processo. E o manejo integrado das bacias hidrográficas visando à recuperação dos solos e à preservação das águas é um dos primeiros e provavelmente dos mais importantes passos.

Para isso, pode-se começar o trabalho pelas áreas de mananciais, que fornecem água para a população da bacia. Ao mesmo tempo, deve-se adotar em todas as áreas produtivas rurais, técnicas de manejo conservacionista do solo. Nas áreas urbanas, é preciso implantar estruturas de retenção e de infiltração das águas das chuvas, conforme indicado ao longo deste livro. E em áreas tanto rurais quanto urbanas, deve-se manter águas subterrâneas e superficiais protegidas. Para isso, as matas ciliares podem dar contribuição fundamental, pois, ao sombrearem corpos de água, reduzem a evaporação e preservam mais água na bacia.

Glossário

APP – Área de Preservação Permanente – Área legalmente delimitada em que a vegetação nativa deve ser mantida. Pode estar situada às margens de corpos de água, encostas íngremes e topos de morros.

Assoreamento – Processo de elevação de uma superfície por deposição de sedimentos. Quando ocorre em corpos de água, compromete o leito do rio ou o reservatório, podendo também comprometer nascentes.

Cheia – Processo natural de extravasamento das águas de um rio ou córrego que abrange ciclicamente áreas alagáveis. Pode ser potencializada em razão de mudanças no uso da terra na bacia hidrográfica onde ela ocorre. Se isso acontecer e atingir seres humanos, infraestrutura ou atividades produtivas pode ser considerada inundação.

Ciclo hidrológico – Refere-se à troca contínua de água na hidrosfera, entre a atmosfera e as águas do solo, superficiais, subterrâneas e dos seres vivos.

Divisor de águas – Linha imaginária que identifica os limites superficiais de uma bacia hidrográfica. Determina para qual bacia as águas precipitadas nas chuvas irão escorrer superficialmente.

Enchente – Processo de enchimento do leito de um rio ou córrego. É um fenômeno que ocorre ciclicamente em função das características físicas de uma determinada bacia durante e logo depois de chuvas mais concentradas. Pode ser modificada em termos de velocidade em função de mudanças nas características da bacia, sobretudo daquelas relacionadas ao uso da terra.

Enxurrada – Processo natural que ocorre como consequência de chuvas concentradas ou do rompimento de estruturas de retenção temporária ou permanente de água em rios e córregos. Pode ser potencializada pelas mudanças no uso da terra. Em áreas urbanas, este fenômeno tem sido potencializado pela impermeabilização do solo e trazido inúmeros prejuízos, incluindo a perda de vidas humanas.

Erosão – Desgaste do solo por água corrente, geleiras, ventos ou vagas. É um dos maiores problemas enfrentados pela humanidade atualmente, pois, com a retirada das camadas superficiais do solo, também são perdidos nutrientes, matéria orgânica e água.

Espigão – Divisor topográfico ou divisor de águas. É o ponto mais alto do relevo.

Estiagem – Período entre chuvas. Quanto mais longo, mais contribui para a redução da água em rios, fontes, lagos e lagoas.

Evaporação – Ocorre quando substâncias líquidas obtêm energia suficiente para passar para o estado gasoso. Ocorre quando o movimento provocado pela temperatura das moléculas é suficiente para vencer a tensão superficial dos líquidos. Em bacias hidrográficas a evaporação ocorre nos solos, nas águas (especialmente naquelas expostas à radiação solar direta), nas plantas e nos animais.

Evapotranspiração – É a transferência da água das plantas para a atmosfera. Durante esse processo, a planta entra em desequilíbrio osmótico e necessita extrair mais água do solo, para alcançar o equilíbrio.

Exutório – Ponto de um curso de água onde se dá todo o escoamento superficial gerado no interior da bacia hidrográfica banhada por este curso. Em alguns casos, também é denominado de foz.

Gestão – Significa direção, gerência. Ou seja, é o ato de administrar ou gerir uma bacia hidrográfica e negócios, pessoas ou recursos ligados a ela, com o objetivo de alcançar metas definidas.

Hidrosfera – Corresponde a toda composição de água da Terra, envolvendo lagos, rios, mares, oceanos, águas subterrâneas, umidade de ar e outros elementos.

Impermeabilização – É o processo de tornar uma determinada área impermeável ou impenetrável à água e a outros elementos. É comum nas áreas urbanas brasileiras com o uso de concreto, asfalto, telhados e similares. Ocorre nas áreas rurais de uma bacia pela compactação do solo, que em alguns casos se torna impermeável ou próximo disso.

Inundação – Processo de extravasamento das águas de um rio ou córrego que abrange áreas historicamente não alagáveis e que atinge seres humanos, infraestruturas ou atividades produtivas. É consequência das mudanças no uso da terra na bacia hidrográfica onde ela ocorre.

Jusante – Sentido do escoamento de um corpo d'água; rio abaixo.

Manancial – Fonte de água doce superficial ou subterrânea que é usada para consumo doméstico após tratamento e para o desenvolvimento de atividades econômicas. Pode ser uma nascente, uma microbacia ou uma bacia hidrográfica.

Manejo – Conjunto de práticas que viabiliza a orientação adequada da execução de determinada atividade.

Mata ciliar – Faixa de vegetação nativa na margem de corpos de água.

Meandro – Curva acentuada de um rio que corre em sua planície aluvial e que muda de forma e posição com

as variações por maior ou menor energia e carga fluviais ocorridas durante as estações do ano.

Mitigação – Abrandamento, suavização de um determinado impacto.

Montante – Sentido contrário ao escoamento de um corpo d'água; rio acima.

Nascente – Local onde a água armazenada no solo volta à superfície. Pode ser pontual ou difusa. Normalmente dá origem a um córrego ou forma lagos. É também chamada de exsurgência, olho d'água, fonte, mina, entre outros termos regionais.

Outorga – Ato ou efeito de outorgar, consentir, dar a concessão de um serviço. A palavra pode ser usada no sentido de dar, conceder, conferir (o direito a captação de água superficial ou subterrânea, por exemplo).

Patrimônio ambiental – Conceito amplo que define aspectos materiais e imateriais da natureza, utilizados pela humanidade e por todas as demais espécies para a manutenção da vida na Terra, sem que necessariamente gerem retorno econômico.

Planejamento – Conjunto de técnicas aplicadas com o objetivo de conhecer a realidade, avaliar caminhos e possibilidades, construir referenciais futuros e estabelecer os trâmites adequados para ações e para a reavaliação de determinado processo.

Precipitação – Em meteorologia (e no estudo de bacias hidrográficas), precipitação descreve qualquer tipo de fenômeno relacionado à queda de água do céu. Isso inclui neve, chuva e chuva de granizo.

Recurso hídrico – Águas superficiais ou subterrâneas, disponíveis para uso antrópico e como meio de produção numa determinada região ou bacia hidrográfica.

Recurso natural – Qualquer componente da natureza que pode ser utilizado com alguma finalidade econômica.

Rio principal – Rio que recebe as águas de todos os tributários de uma bacia hidrográfica.

Saneamento – É a atividade relacionada ao abastecimento de água potável, ao manejo de água pluvial, à coleta e tratamento de esgoto, à limpeza urbana, ao manejo de resíduos sólidos e ao controle de pragas e qualquer tipo de agente patogênico, visando à saúde das comunidades.

Talude – Superfície inclinada do terreno, de uma margem de rio ou do paramento de uma barragem.

Talvegue – Linha que segue a parte mais baixa do leito de um rio, de um canal ou de um vale.

Torrente – Curso de água rápido e impetuoso, geralmente produzido por chuva abundante.

Transpiração – É o processo de eliminação da água presente em algum organismo por elevação da temperatura externa ou interna.

Tributário – Córrego ou rio menor que deságua no rio principal. Também pode ser chamado de afluente.

Vertedor – Estrutura hidráulica que verte, deságua ou despeja água.

Referências

BRASIL. *Lei Federal 4.771*, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Brasília: Presidência da República, 1965.

BRASIL. *Lei Federal 9.433*, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília: Presidência da República, 1997.

BRASIL. *Lei Federal n.12.651*, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Presidência da República, 2012.

BRASIL. *Lei Federal n.12.727*, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei n.12.651/2012, e as Leis n.6.938/1981, 9.393/1996, e 11.428/2006; e revoga as Leis n.4.771/1965, e 7.754/1989, e a Medida Provisória n.2.166-67/2001. Brasília: Presidência da República, 2012.

CAPOBIANCO, J. P. R.; WHATELY, M. *Billings 2000*: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo. Relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período de 1989-1999. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da.

(Org.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p.93-148

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO PARANAPANEMA. *Plano de bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI-17)*. São Paulo: CBH-MP, 2007.

FAUSTINO, J. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. Turrialba: Catie, 1996. 90p.

GONZÁLEZ, A. O. D. *Manejo de cuencas y gestión del riesgo a desastres naturales, en el área de la mancomunidad de los municipios del centro de Atlántida, Honduras*. Turrialba: Catie, Costa Rica. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manuais Técnicos em Geociências, número 7* – Manual técnico de uso da terra. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. *As águas subterrâneas do estado de São Paulo*. São Paulo: SMA, 2008.

KARMANN, I. Ciclo da água. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p.113-38.

LIMA, W. P. *Introdução ao manejo de bacias hidrográficas*. Piracicaba: DCFL/Esalq, 2006.

PIROLI, E. L. *Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Pardo*. Ourinhos, 2013. Tese (Livre-Docência em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) – Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

PIROLI, E. L. *Água*: por uma nova relação. Jundiaí: Paco Editorial, 2016. 144p.

ROCHA, J. S. M. *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas*. Santa Maria: UFSM, 1991.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (Org.) *Praticando geografia*: técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p.147-66.

RODRIGUEZ, J. M. M. *Planificación Ambiental*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2008.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.

STHRALER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, v.38, n.6, p.913-20, Dec. 1957.

Ao longo da evolução do planeta, a água foi a principal responsável pela formação das bacias hidrográficas. Nas últimas décadas, a ocupação dessas bacias sem planejamento, gestão e manejo adequados provocou mudanças no ciclo e nos caminhos das águas, rompendo o equilíbrio dessas áreas.

Solos ressecados e menos produtivos, erosões, assoreamentos, inundações, ilhas de calor, mudanças climáticas, doenças de origem hídrica, incêndios em áreas naturais e de produção agropecuária e crises hídricas são algumas das consequências da ocupação desordenada das bacias hidrográficas.

Este livro aborda as temáticas da crise e da segurança hídrica, demostrando suas causas, consequências e alternativas para a reversão desses processos ou, pelo menos, para o enfrentamento dessas problemáticas, com redução de danos e melhor convivência das pessoas com a realidade atual, de profundas transformações nas bacias hidrográficas e na disponibilidade hídrica.

Edson Luís Piroli, engenheiro florestal, é mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), doutor em Agronomia e livre-docente em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, ambos pela Universidade Estadual Paulista (Unesp). É professor associado no curso de graduação em Geografia, na Unesp, *campus* de Ourinhos, e no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp, *campus* de Presidente Prudente. Atua nas áreas de manejo, planejamento e gestão ambiental, de bacias e microbacias hidrográficas e áreas de preservação permanente (APP), com ênfase na aplicação do Sensoriamento Remoto como fonte de dados e do Geoprocessamento como técnica de análise. É coordenador da Rede Temática de Extensão em Águas (ReTEA) e do Grupo de Trabalho das Instituições de Ensino Superior do Comitê da Bacia Hidrográfica (CBH)/Paranapanema.